

# 基于耗散结构理论的军民企业集成创新系统研究

孔德成

(国务院港澳事务办公室 港澳研究所, 北京 100045)

**摘要:**如何有效推进军民集成创新是我国实施军民融合式发展战略的核心问题之一。根据企业创新能力博弈分析,军民企业选择集成式创新是“竞合”博弈的最优结果。基于耗散结构理论构建军民集成创新结构与功能模型和以军民企业作为创新主体的军民集成创新复杂系统模型,结合定量分析,探讨军民集成创新系统有序演进的基本条件;最后,基于耗散结构理论视角,给出有利于我国军民企业集成创新系统有效运行的几点启示。

**关键词:**军民企业集成创新系统;管理熵;耗散结构;模型;复杂性

**中图分类号:**F276.4 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-1807(2016)09-0118-05

军民集成创新是指充分吸收利用军事技术和民用技术,在实现技术融合的基础上进行二者集成式创新,产生具有革命性的技术成果的过程。进行军民技术集成创新可以有效利用军事和民用技术各自的优点,形成的创新性技术不仅可以有力促进和提升国防科技领域的科技创新,也将成为带动国家科技创新的重要手段之一,其过程也有助于促进军民融合式发展。可以说,创新已经成为企业生存和发展的基石,在现阶段,我国军用企业和民用企业选择彼此合作,进行集成创新具有如下优势:其一可以降低军民企业各自创新的风险和成本;其二可以整合创新优势资源,加大创新投资力度,增强创新能力,提高创新收益和效率,缩短创新周期,增强产业竞争力以及提高产品科技附加值的含量,进而拥有更广阔的市场空间。现代创新理论由简单线性创新模式发展为当代创新系统以及创新网络理论,其核心理念是强化创新的“系统范式”<sup>[1]</sup>。因此,基于耗散结构理论,研究和构建高效开放的军民企业集成创新系统,有效推动军民技术集成创新,是一项复杂的系统工程,也是实现我国企业自主创新战略,体现“富国强军”战略构想的重要举措,更是全面构建创新型国家所面临的一项紧迫的重要课题。

## 1 方法论:耗散机构理论

耗散结构理论是上世纪六十年代末由比利时科学家普利高津(Ilya Prigogine)提出,这一理论的问题,

对整个自然科学和社会科学都产生了划时代的重要影响。耗散结构理论认为,对于一个开放系统,当该系统处于远离平衡态的非线性区域时,一旦系统某个参量变化达到某一阈值,通过涨落系统发生突变,由原来无序的混乱状态转变到一种时间、空间或功能有序的新状态,即耗散结构。这种有序的状态需要不断与外界进行物质和能量交换才能维持,并保持一定的稳定性,不因外界的微小变化而发生改变<sup>[2]</sup>。

根据耗散结构的特征,形成耗散结构需要满足以下四个条件<sup>[3]</sup>:

条件1 产生耗散结构的系统必然是一个开放的系统。由热力学第二定律可知,在孤立系统中,熵总是增加的,物质的能量总是由高能部分向低能部分转化,最终达到平衡状态,亦即系统总是由有序向无序变化。当系统具有开放性特征时,它会将系统外部一定的物质、能量和信息吸收到系统内部,从而形成负熵流的进入,以此抵消系统内部产生的熵增,从而使系统从低级无序状态走向高级有序状态。

条件2 系统必须远离平衡态,即只有远离平衡态才可能使系统变得有序。远离平衡态意味着系统内部各个组织或区域的能量和物质以及信息的分布是不均匀的,彼此之间有很大差距。系统在接近平衡态区,负熵流的进入并不能使系统形成新的有序结构,因此只有当系统处于远离平衡态区域时,才可能产生新的有序结构,进而形成向有序性、有组织性和多功

收稿日期:2016-05-09

基金项目:国家软科学研究计划项目(2011GXS2B008);国家自然科学基金项目(71173016)。

作者简介:孔德成(1982—),男,山东临沂人,国务院港澳事务办公室港澳研究所,助理研究员,管理学博士,研究方向:组织管理、创新与知识管理、现代管理理论与方法。

能化的方向进化的动态特征。

条件3 系统内部不同要素之间存在非线性相互作用。这种非线性相互作用不满足简单线性叠加原理,而是要形成立体式,网络化的相互耦合效果。耗散结构是一种空间上的有序结构,它是在构成系统诸要素之间都存在相互作用条件下形成的,而且会涌现出新的性质。如果系统内部各要素之间不存在一种非线性的相互作用,那么即使有负熵流的进入也不会使系统形成耗散结构。

条件4 随机的涨落可能会使系统由无序向有序转化。涨落是系统对稳定状态的一种偏离,是所有存在的系统的共同特征。当系统接近平衡态时,涨落会使得系统改变运动轨迹,并成为系统走向有序的因素。在系统远离平衡态时,随机涨落可能会迅速扩散,并成为系统从不稳定的无序状态跃迁向新的稳定的有序状态的积极因素。随机涨落可视为系统实现耗散结构的诱因之一,或者可理解为使系统形成新的具有稳定有序结构的“催化剂”。

## 2 军民企业集成创新复杂系统模型构建与解析

### 2.1 理论模型分析

本文从宏观、中观以及微观三个视角对军民企业集成创新系统的结构功能和效能差异进行研究。首先,企业作为创新的主体,是技术创新的投资者和研究者,也是技术创新成果走向大规模生产的组织者和实践者,因此,军民企业集成创新要以企业自身创新系统作为基础。在集成创新战略指导下,满足某一应用目的的单一创新,在军民企业合作过程中通过分摊或者规避创新风险,减低创新成本,实现创新集成、创新能力提高、从而形成规模经济和效益,加速技术升级,优化产业结构,这样进一步形成军民区域集成创新系统或者军民跨区域集成创新系统,最后统一于国家创新体系。军民企业集成创新系统逐步将国家层面的军、民科技创新成果融入到军民一体化创新系统之中,形成多目标、多层次、多功能、多反馈机制的军民集成创新网络结构复杂系统(图1)。

本文建立了军民企业集成创新复杂系统模型,如图2所示。由图2可见,这一复杂系统模型包括核心层、保障层和影响层。核心层是指直接参与军民企业集成创新系统,主要包括军(民)企业独立创新子系统、军(民)集成创新子系统和军民交叉(网络化)集成创新子系统。保障层是军民集成创新的社会辅助系统,系统中诸多因素为军民企业集成创新系统的良好运行提供有利支撑,承担着社会供给的保障功能。社

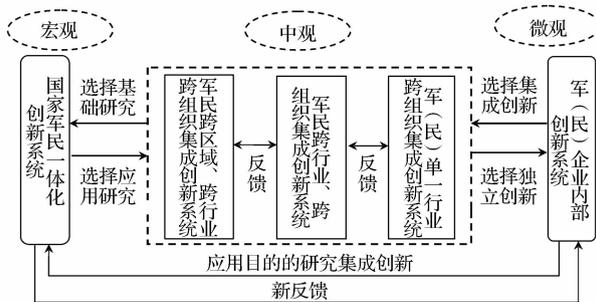


图1 军民企业集成创新系统三层次结构和功能图

会环境作为影响层,对军民企业集成创新系统产生各种有形(政府)和无形(市场)的影响,同时,也直接或间接地制约着军民企业集成创新的过程。

### 2.2 军民企业集成创新系统有序演化条件分析

军民企业集成创新系统具有耗散结构,符合有序演化诸多基本条件。

第一,该系统具有开放性。军民企业集成创新系统在运行过程中需要积极吸取国内外的现代科技理论成果,建立军民共享信息交流平台,吸收创新型人才,建立通畅的投资和融资渠道,建立健全军民企业集成创新系统有效运行的基本设施等各种物质基础,充分争取和利用国家相关科技政策、财税政策和各种激励等。因此,军民企业集成创新系统在运行过程中不断地与外界环境进行着物质、能量和信息的交换互动,使得系统演化呈现出由低级有序向高级有序变化的趋势。

第二,系统处于非平衡态。军民企业集成创新系统会受到复杂的国内外市场风险和集成创新过程本身带来的不确定性风险的影响。集成创新系统内部军、民企业之间在管理体制,组织演化过程等方面存在很大不同,而且彼此之间具有很强的互补性。系统内部和外部因素的共同影响,使得军民企业集成创新系统远离系统的平衡状态,而且系统与平衡态的“距离”,与这种差别性和互补性的强弱之间具有正比例关系。

第三,系统内部诸要素之间具有非线性耦合作用。军民企业集成创新体系形成的先决条件是军民企业之间有共同的目标,围绕这一目标,军民企业彼此发挥各自的技术、人才、组织等优势,进行优势互补,大力协同。正是组织间的互补性、非均质性和协同作用导致了系统要素间非线性耦合作用的产生。非线性相互作用导致系统时间上、空间上对称性的失衡,引起物质、能量等资源信息在各部分的重新搭配,

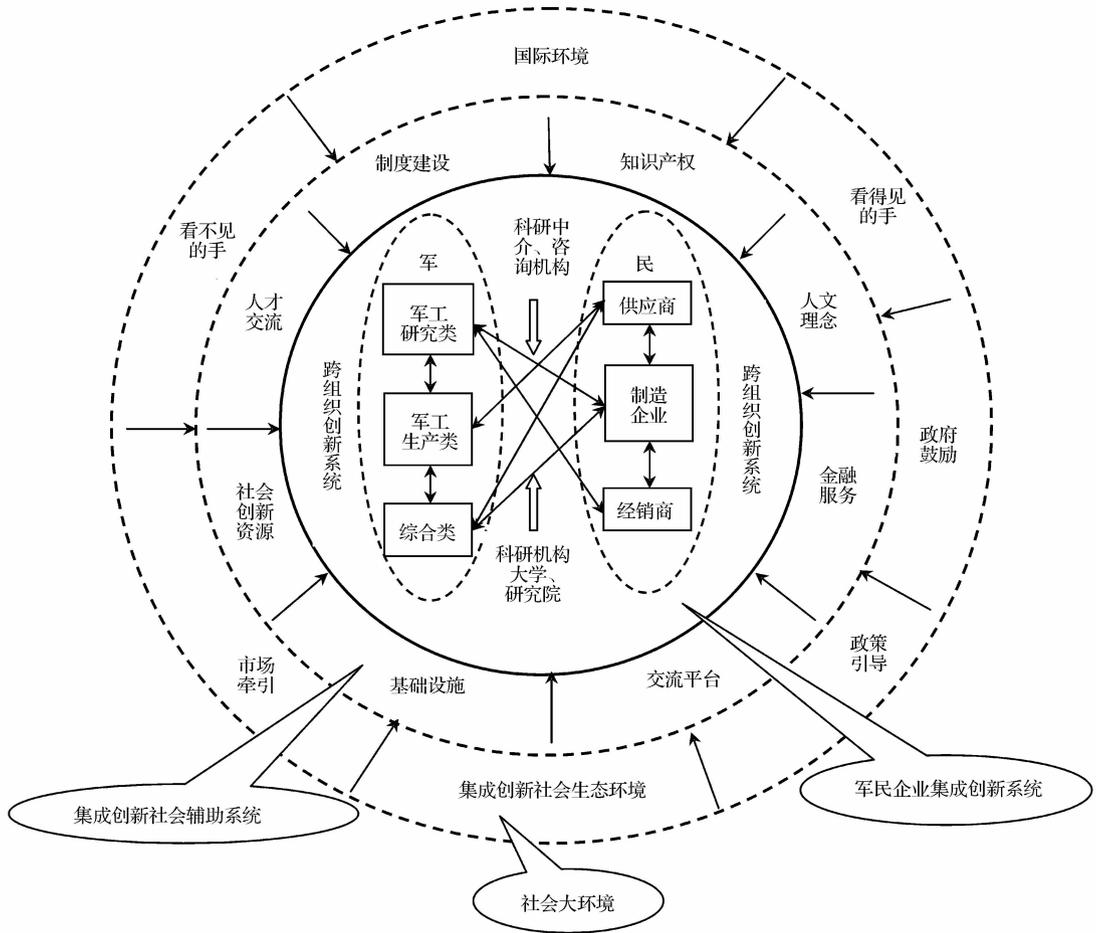


图2 军民企业集成创新复杂系统模型

从而改变系统的内部结构及各要素间的相互依存关系,进而发生跃迁,从当前的状态跃到更有序的状态,形成新的耗散结构<sup>[4]</sup>。

第四,系统存在随机涨落效应。军民企业集成创新系统内部要素都具有一定主观能动性,当某些军工领域企业或者民用企业各自进行行业内的信息、人才、物质交流或者它们彼此进行跨行业的交互,又或与外界环境之间进行物质、能量、信息的交换时就会产生一系列随机微小涨落,远离平衡态的微小涨落通过彼此耦合和连锁效应被迅速放大,进而形成具有整体性的宏观“巨涨落”,从而导致系统发生突变,形成一种新的有序状态。

另外,系统还具有自组织和自适应功能。军民企业集成创新系统包括军工企业集成创新子系统、民用企业集成创新子系统、军民网络化集成创新子系统以及各种中介组织、科研机构。系统会根据外部环境的变化趋势,以创新成果利益最大化为目标,不断调整自身形式、文化、程序、管理方法和策略,以适应环境

变化,形成相互影响的协作和组织学习机制,使系统产生自组织现象。

### 2.3 军民企业集成创新系统运行条件分析

熵是系统中混乱无序状态的一种度量,负熵流体现着系统有序性的增加。军民企业集成创新系统受到本身自组织和外界环境的影响,成为一个不断与外界进行物质、能量和信息交换的复杂开放系统,在这一系统中需要对内部子系统和要素以及集成创新过程进行科学管理,而系统本身在管理运行中会产生熵增。因此,将管理熵的数学模型引入到对军民企业集成创新系统的分析中来<sup>[2,5]</sup>。

管理熵数学模型可表示为:  $dS = \sum_i K_i dS_i$ , 其中  $i$  表示影响相对封闭的军民企业集成创新系统管理熵的各种因素,例如军、民企业的各种相关制度因素、组织结构因素、系统环境因素、军、民技术因素、人才素质、科研投入水平、学习能力等等。 $K_i$  表示上述各种影响因素的权重,  $S_i$  各个影响因素生成的熵值。

$S_i$  的数学表达式为:  $S_i = -K_\alpha \sum_l P_l \ln P_l$ , 其中  $K_\alpha$  是管理熵系数,  $l$  是前述影响军民企业集成创新系统各个因素所包含的子因素,  $P_l$  表示各个子因素影响集成创新系统熵值改变的的概率, 并且  $\sum_l P_l = 1$ 。系统外部因素生成的负熵数学表达式为:  $S_j = K_\beta \sum_m P_m \ln P_m$ ,  $j$  代表影响军民企业集成创新系统产生负熵的各种要素, 例如军民开发的新技术、集成后形成的良性组织结构和运行机制、新市场开发、国家新政策支持、新技术人才的涌入、高端信息共享平台、先进的基础设施等等。

通过对军民企业集成创新系统的熵及负熵的影响因素分析, 易求得其具体数值, 因此, 系统总熵值为:  $S = S_i + S_j$ 。当  $|S_i| > |S_j|$  时, 军民企业集成创新系统处于熵增状态, 说明系统与外界环境之间的物质流、信息流和能量流交换减少, 系统自我封闭能力增强, 内部自组织能力减弱, 系统混乱程度增加; 相反, 当  $|S_i| < |S_j|$  时, 系统的负熵流起了主要作用, 即系统的耗散结构起主导作用, 表现为系统从无序混乱状态走向有序运行状态, 组织结构变得合理, 管理走向科学化, 合理化。

### 3 耗散结构理论对军民企业集成创新系统的启示

#### 3.1 系统要保持适度开放性

从耗散结构理论视角, 军民企业集成创新系统的发展本质上就是系统与外部环境持续进行物质、能量和信息的交换, 同时借助非线性调节机制和相互作用, 从一个低端有序甚至无序状态演进到高端有序状态的耗散结构的过程。

军民企业集成创新系统具有耗散结构特性, 首先要具备适度开放性。所谓开放性是指系统一方面受到所处环境影响, 另一方面又能动的改造外部环境。适度开放性对军民企业集成创新系统的发展具有重要作用, 主要体现在一方面系统从外部环境吸收各种生产要素(物质、信息、能量), 同时进行产品或者技术的输出。通过这一双向交互过程可以帮助系统克服管理熵不断增加带来的问题, 同时交互过程也是负熵流入系统的过程, 系统只有在充分开放条件下, 才能不断吸收外界负熵流入系统, 促使系统向有序方向发展。另一方面, 开放性不代表“来者不拒”, 不意味着一味增加资金和人员投入, 即系统的开放性必须是适度的, 军民企业集成创新系统应该积极主动摄入对系统而言是低熵的各种物质和能量, 然后在系统内部

进行合理分陪, 有效避免重复投资。在积极同科研院所、高校进行合作, 引入新技术的同时, 要充分发挥系统内部军工企业和民用企业自身的主观能动性, 不断提高自身技术创新能力, 形成军民技术“合力”。总之, 军民企业集成创新系统需要在立足自身的基础上, 积极与外界进行物质和能量的交换, 保持适度的开放性。

#### 3.2 系统要远离平衡态

根据熵增原理, 对孤立系统而言, 一旦系统的熵增接近或者达到最大值, 系统便处于一种近平衡或平衡状态, 此时的随机“微涨落”, 即使在非线性作用下也难以形成“巨涨落”, 而只能使系统在平衡区附近产生“波动”, 此时的系统处于混乱无序状态, 外界负熵的输入不再引起系统总熵下降到负值, 进而形成新的耗散结构。因此, 对于军民企业集成创新系统而言, 首先在保持适度开放性的前提下, 需要远离平衡态。不难看出, 在全球一体化的今天, 由新技术引发的各种不确定性正在不断地打破军民企业集成创新系统的近平衡态, 使得系统经常处于非平衡的区域。在军民企业集成创新系统内部, 民用企业之间, 军用企业和民用企业之间在企业规模、组织结构、企业文化、技术创新能力、企业战略, 面临的相对外部环境等诸要素之间有着很大差异, 存在着各种矛盾, 如利益分配、风险分担、各种技术专利的分享等等。这些因素也对军民企业集成创新系统远离平衡态起到了积极地推动作用, 而这种非平衡态对军民企业集成创新系统的发展却至关重要。军民企业集成创新系统若要想提高对环境变化的敏感度并迅速适应, 就应该努力打破原有平衡, 然后通过系统自组织与自适应等能力实现新的平衡。因此, 这种无序和非平衡状态是军民企业集成创新系统向更高层次发展, 进入到更高层次有序状态的前提。

#### 3.3 系统要科学利用随机涨落

随机涨落是系统内在随机因素导致的对系统稳定的平衡态的偏离, 其本质是系统内部随机因素驱使各个子系统获取物质、能量和信息的过程。在远离平衡区域的微小随机涨落会诱发子系统的积极响应, 并通过非线性耦合作用迅速扩大, 导致子系统之间的差异迅速变大, 形成“巨涨落”, 从而使系统演进到一个更高级的稳定结构。然而, 如果系统原来的稳定性没有被打破, 那么这些小的随机涨落或者系统外部的各种“噪音”就会被阻尼掉, 不能打破系统原有的平衡状态。故只有当系统处于远离平衡态区域时, 微小随机涨落才会变成系统形成新的耗散结构的积极因素。

因此,在军民企业集成创新系统实际管理过程中,必须使系统处于远离平衡态,在系统外部,充分利用环境形成的各种随机涨落的“诱导”能力,在系统内部,采取一定的管理策略或者技术手段创造微小涨落,通过非线性作用使得微小涨落迅速扩大,从局部渐变到整体,促进军民企业集成创新系统跃迁到高一级有序状态,促进军民集成创新耗散结构的形成。

### 3.4 系统要发挥自组织能力

自组织是指系统自主地由简单到复杂,由无序到有序,由低级到高级的发展进化过程。在这个过程中,系统依靠与外界环境进行物质、能量、信息的交换而稳定存在,并且使系统不断地向有组织、有结构、有序的方向发展,系统的这种功能随着外部环境的变化也进行着“自动的”改变。而实现向有序化方向演变的原因在于系统的内部,系统内子系统之间的相互作用,出现整体协同效应,使系统的演进可以“自发地”进行<sup>[6,7]</sup>。

军民企业集成创新系统形成以后,在系统内部的军用企业和民用企业都会产生一种自我强化意识来共同促进系统的演进,究其本质是系统参与主体为了更高的利益和发展机遇而积极联合并相互协同的结果。军民企业集成创新系统作为一个适度开放系统,系统内部的军工组织、民用组织、科技中介组织、科研院所等都具备相当的经验总结能力和组织学习能力和动机,这些因素使得系统本身具备一定适应系统外部环境变化的能力和动力。随着国际形势的变化,我国军工组织纷纷实行改制,实行市场化运作,参与市场竞争,需要与民用企业进行积极合作,在军民行业组织间建立集成创新系统。创新系统内部,军、民企业不断调整组织结构,促进企业创新能力的培养和提高,打破各自原有保护主义观念和技术封闭性,形成集成创新合力。这些行为都是军民企业集成创新系

统不断从外界环境吸收负熵流,并通过自组织是系统有序化的结果,因此,军民企业集成创新系统以及相关管理者应该积极为促进系统自组织演化创造条件,使系统形成有序结构。

## 4 结束语

军民企业集成创新系统是一个构成要素众多、关系种类多的动态经济合作系统,系统内部的非线性耦合作用非常复杂,这就导致军民企业集成创新系统的演进具有复杂性和多向性。军民企业集成创新系统的高效运行需要系统具有适度开放性、远离平衡态的特征和充分利用各种随机涨落、积极发挥系统自组织功能的能力。同时,系统管理者和相关政府部门应该积极为军民企业集成创新系统形成耗散结构创造各种有利条件,通过对系统的管理使军民企业集成创新系统向着高效、有序的方向演进,并且充分吸收外部环境的负熵流,使得军民企业集成创新系统产生更高级的耗散结构形式。

## 参考文献

- [1] 魏江,陶颜,胡胜蓉. 创新系统多层次架构研究[J]. 自然辩证法通讯,2007(4):37-43.
- [2] 李健,金占明. 复杂性理论与产业集群发展[J]. 科学学研究,2007(12):188-195.
- [3] 任佩瑜,张莉,宋勇. 基于复杂性科学的管理熵、管理耗散结构理论及其在企业组织与决策中的作用[J]. 管理科学,2001(6):142-147.
- [4] 梁静溪,田世海,宋春光. 基于耗散结构的农业产业化经营组织演进研究[J]. 中国软科学,2009(5):167-171.
- [5] MCKERGOW M. Complexity science and management: what is in it for business[J]. Long Range Planning, 1996(5):721-727.
- [6] CHIN-HUANG LIN, CHIU-MEI TUNG, CHIH-TAI HUANG. Elucidating the industrial cluster effect from system dynamics perspective[J]. Technovation, 2006, 26(4): 473-482.
- [7] 彦泽贤. 耗散结构与系统演化[M]. 福州:福建新华书店, 1987:128-134.

## Study on Military and Civilian Enterprise Integrated Innovation System Based on Theory of Dissipation-Structure

KONG De-cheng

(Hong Kong & Macao Studies Research Institute, Hong Kong and Macao Affairs Office of The State Council, Beijing 100045, China)

**Abstract:** Improving Military and civilian integrated innovation is one of core goals of the strategy of civil-military integration. According to the Game analysis of the enterprise innovative capability, choosing the integrated innovation between military - civilian enterprises is the optimum strategy of the “competition-cooperation” Game analysis. Based on Theory of Dissipation- Structure, we build structure, function model of military-civilian integrated innovation and complicated system model of military-civilian integrated innovation based on military - civilian enterprises innovative-body, combining quantitative analysis, to investigate basic conditions of orderly evolution of military-civilian integrated innovation system. Finally, based on the theory of dissipation- structure perspective, we propose some revelation, that could make the operation of military-civilian integrated innovation system more effectively.

**Key words:** military-civilian enterprise integrated innovation system; management entropy; dissipation structure; model; complication