

第三章

技术革命与创新范式演变

3.1 历史上的历次重大技术创新

创新就是不断追求发展和超越,它是一个国家和民族进步的灵魂。而技术创新越来越成为社会生产力发展的重要标志,在现代经济增长中起着重要作用,成为综合国力竞争的核心。技术创新正在促进着我国企业的技术进步和发展,并已成为每一个企业努力的目标。

纵观世界文明发展史,人类先后经历了农业革命、工业革命、信息革命。每一次技术革命,都给人类生产生活带来巨大而深刻的影响,带来新兴产业的出现,并主导完成对传统产业的更新改造,促进经济周期的更迭替代。在一定程度上甚至可以说,世界经济的长周期,是由技术革命周期所驱动和同步发展的。

具体而言,自工业革命以来,人类社会先后出现了蒸汽机技术、电力技术、电子管和无线电技术,以及互联网技术等标志性的技术创新和技术革命。与之同时出现的,就是产业革命时期、蒸汽与钢铁时代、电气化学和汽车工业时代、个人计算机时代和互联网时代。

(1) 18世纪末,蒸汽机技术始于英国,直到19世纪40年代燃煤蒸汽机诞生于美国,此后煤炭燃烧所产生的蒸汽动力开始取代风力、水力和畜力,改变西方世界生产、运输的通信方式,蒸汽动力驱动的铁路机车与随后出现的电报、电话逐渐成为交通运输和通信的主要方式。工业时代达到全盛时期。

(2) 20世纪20年代,新的动力源——电子出现,改变了信息传输和处理的方式;真空电子管的发明使电磁信号和语音信号的无线传输成为可能,信息流从电线中解放出来,并使信息不再局限于文字形式,大幅度提高信息处理能力。电气时代拉开序幕。

(3) 20世纪七八十年代,个人计算机的冲击重塑了数据处理时代的基础设施。

施,微机时代开创了新的历史。互联网加速出现,标志着通信网络变成一个复杂的、具有适应力的生命体。互联网基础设施进入安装期。互联网时代来临。

尤其是,如今以互联网为代表的信息技术日新月异,引领了社会生产新变革,创造了人类生活新空间,拓展了国家治理新领域,极大提高了人类认识水平以及认识世界、改造世界的能力。互联网让世界变成了“鸡犬之声相闻”的地球村,相隔万里的人们不再“老死不相往来”。可以说,世界因互联网而更多彩,生活因互联网而更丰富。

3.1.1 什么是创新

1. 创新的起源

19世纪90年代,剑桥大学经济学家马歇尔出版了《经济学原理》一书(Marshall,1890),这是较早的一部关于区域经济和集群经济发展方面的著作。书中马歇尔仔细分析了区域分布以及交通运输的发展对工业经济影响和规模经济问题,认为大规模生产不仅有利原料采购和产品销售而且能够促进企业的技术进步和设备更新。20世纪初,德国经济学家韦伯在对德国工业中心鲁尔区全面研究的基础上,得出结论认为工业集聚可分为低阶段和高阶段,低阶段表现为当地企业规模扩张,高阶段表现为不少生产、销售过程中具有紧密联系的同行或上下游企业相对集中。韦伯的发现和研究是对马歇尔的产业集群思想的继承和发展。

另外,他还将创新归纳为五种方式。

- (1) 产品创新:制造一种全新的产品,设计开发或推出一种不同以往的产品性能或效果。
- (2) 工艺创新:利用新的制造方法、新的加工工艺。
- (3) 市场创新:开拓其他企业尚未涉入的新市场。
- (4) 技术创新:开发并采用新的原材料来生产或用新的半制成品来替代。
- (5) 组织创新:构建新的组织架构体系。

1912年,约瑟夫·熊彼特(J. A. Schumpeter)教授提出了经典的“创新理论”。他通过研究认为:创新是建立一种新的生产函数,把以前从来没有的有关生产要素、生产条件等形成的新组合,采用到企业生产和管理体系中。这种新组合包括新产品开发,新技术的应用,新市场的发现和开拓,对原材料的新供应来源的控制和应用,通过这些方面实现新企业生产组织方式。

熊彼特关于创新的理论表明创新不可能是孤立事件,也不是在时间上均匀分布的,而是企业在某些其周围环境中聚集。创新集群的意义应包括“创新”和“集群”两个概念的结合。可以断定马歇尔和韦伯等关于企业区域集中的研究成果提供了“集群”的最初思想萌芽,熊彼特的经济增长理论首次提出了“创新”理

论。二者结合在一起，“创新集群”的研究和发展也就初步具备了思想根源和理论基础。

2. 创新成本和阻力

创新是产品的灵魂，是企业的核心竞争力，是国家经济的重要支柱，更是促进社会向前发展的不竭动力。创新所带来的改变不仅仅体现在产品或服务的全新体验上，甚至还能彻底颠覆人们的生活方式，改变整个世界。

创新的中文之义，首先是“创”，即割去旧肉，这是一个痛苦的过程，除了要忍受改变习惯和效益下滑的痛苦，还要忍受外界的质疑和阻挠。创新的成功并不是在研发目标达成的那一瞬间，而是经过创新洗礼的产品或服务能够真正得到市场认可和推广的那一刻，其过程的坎坷复杂，是一般企业所无法承担的，这也就决定了创新的特有属性——复杂性和不确定性。创新的这些特点构成了创新的高成本与高风险性，并由于隐藏的收入形式，以及技术传播规模形成较高的时间成本、投入成本，导致创新面临的不确定性较大，因而将会产生一定的风险沉没成本，即创新成本。创新成本是企业为实现创新目的而产生的围绕创新活动发生的必要支出的集合，至少涵盖从应用研究到取得并发售一定数量的新产品（含技术产品）的整个过程，它是产业创新投入产出的重要衡量指标，其不仅影响产业创新的积极性，也对创新的收益成效产生重要影响。因此，若想实现创新，就必须要下定决心，制定良好的体制，打破旧利益的阻挠和垄断，以充实的准备、有利的环境和前瞻性的思想分散创新引发的高风险，降低创新产生的高成本。

其实，中国的供给侧结构性改革（指发生在投入侧而非产出侧的改革）就是割肉，它从产业层面、调控层面、财税制度层面和资本层面做出了新的部署，更加注重增长本源创新，强调制度供给，构建发展新体制，这样的改革方式在一定程度上会导致经济下降，并承受高额的成本付出带来的阵痛，但能够以期通过供给端发力来破除增长困境，释放增长红利。这种以牺牲国家经济快速增长为代价的经济改革，尽管“割肉”的过程极度痛苦，但从国家发展的本源上发现了问题，解决了问题，而日本却没有勇气进行。

3. 创新模式

伴随新媒体、通信技术等沟通渠道的发展，组织间技术联系沟通的频率、机会与效益开始凸显，加上高等教育人才增多、技术员工流动增强、学术机构研究能力与质量提升、风险投资发展技术生命周期缩短等因素，创新模式也随之朝着开放式的方向发展。在知识共享的时代背景下，企业需要借助内外部技术资源，降低创新风险，增强市场竞争力，并最终实现创新收益最大化。而支撑企业有效开展创新活动的创新模式不能局限于单项产品和单项技术的创新，比如某家公

司推出了新产品和新技术,这是个误区,因为单项技术创新的更新速度很快,极易被市场淘汰。以诺基亚为例,在塞班系统风光无限的时候,诺基亚并没有注意到世界正在发生改变,因而孑然独立,拒绝参与安卓联盟,固守塞班系统。随后,由于缺少外部力量的帮助,诺基亚快速革新的步伐也因此受到阻碍,使以开放系统源代码吸引众多厂商和开发者的安卓系统创造了新的辉煌。

因此,创新最重要的是要重视模式创新和环境创新,也就是集群式创新,而集群式创新的关键就是要提供创新生态环境。良好的创新生态环境,一方面为创新资源的获取提供了丰富的渠道选择;另一方面能加强创新组织的互动联系,从而营造创新氛围,提高创新效率,使创新能力不断提升。

3.1.2 什么是创新范式

1. 范式

范式(paradigm)一词源于希腊文,有“共同显示”之意,由此引申出模式、模型、范例、规范等意,而范式概念在理论分析中的广泛使用,可追溯到库恩(T. S. Kuhn)在其1962年出版的经典著作《科学革命的结构》。在此书中,库恩通过创造性地引入“范式”概念,并将之视为科学研究活动开展的基础,以及科学研究所用的思想工具和实用工具,进而描绘出基于范式及其变革的科学发展的动态图景。

自此,范式作为一个独特的概念,一方面不断地被人们使用;另一方面又引起人们的普遍的争议。正如库恩本人所承认的,范式具有很强的“可塑性”,“使范式成了有点神秘的实体或特性,可以像神力一样改变它所感染的东西”。

范式在创新经济学的应用存在三个主流,包括以多西(G. Dosi)为代表的“技术范式”(techno-logical paradigm),以弗里曼(C. Freeman)和佩雷斯(C. Perez)为代表的“技术—经济范式”(techno-economic paradigm),以及90年代出现的以日本学者如Fumio Kodama为代表的“创新范式”(innovation paradigm)。这些范式概念从不同层面来解释技术本身、产业乃至国家层次技术和经济的发展进程。

2. 创新范式

众所周知,日本在战后获得了奇迹般的经济高速发展。许多学者都对此从不同角度进行了细致的研究。尤其是在80年代末期,日本在许多工业产业的国际竞争力都构成对美国强大的冲击,并在一些原来一直由美国保持优势的高技术领域超过了美国企业。这促使人们更系统、更深层次地对日本的经济技术发展历程进行考察。90年代一个引人注目的新趋势就是“创新范式”的出现。日本学者在“创新范式”的提出和研究上作了大量工作,其中一些代表人物包括F. Kodama、I. Nonaka、Y. Honda和K. Oshima等,他们力图借助创新范式概念

来阐释技术、经济、文化、组织和制度因素之间的交互作用及其对国家层次的技术发展和经济增长现象。

F. Kodama 通过对日本高技术的产生、创新和扩散过程的实证分析,认为“受科学和工程化迅速变革的驱动,日本的创新正在发生范式变迁过程,而这种变迁对日本的社会经济系统发展非常有利”。正是由于创新范式的发展和变革,以及它与日本社会经济结构的有效耦合,促进了日本在高技术产业的快速发展。

F. Kodama 进一步指出,这种创新范式的变迁包括以下六个方面。

(1) 日本的制造业企业已经从生产型单位变成知识创造型(knowledge-creation)企业,这一变化的重要证据就是日本高技术企业在 R&D 上的支出呈现出超过资本投资的趋势。

(2) R&D 活动在广度上的发展已超过其在深度上的发展,企业多角化从“分流式”(spin-off)向“逆流式”(trickle-up process)转变,即技术的应用从低端向高端发展。

(3) 由于高技术发展速度的加快和产业渗透度的扩大,传统的基于“主导设计”(dominant design)的 R&D 竞争方式已经越来越不能适应企业市场竞争的需要,R&D 竞争已日益向“产业间竞争”(inter-industry competition)方式转变。

(4) 在产品开发上,由供给方开发方式向需求方开发方式转变,这其中最重要的就是必须有效地从来自用户的模糊而纷杂的需求信息中提炼出关于市场所需产品的确切信息。

(5) 创新的方式也从以往着重于科学技术的突破转变为注重技术的融合(fusion)。

(6) 与以往的技术发展不同,高技术的发展不仅涉及技术系统的演进,还要求社会系统的相应变化,即制度性共生演进(institutional coevolution)。

从人们开始发现技术创新对经济活动有影响,到人们开始将其作为一种范式放在经济学与管理学的框架内对其进行研究,技术创新范式经历了一系列的演变。其演化过程见图 3.1。

3.2 技术革命对经济社会发展的巨大影响

3.2.1 什么是技术革命

从 19 世纪后期开始,科学和技术的联系日益紧密,以至于今天谈到科学和技术时,国内的文献资料总是把两者并称为科学技术,科学技术成了一个使用频率最高的专用名词。在中国,甚至专门创造出了一个新词汇作为科学技术一词

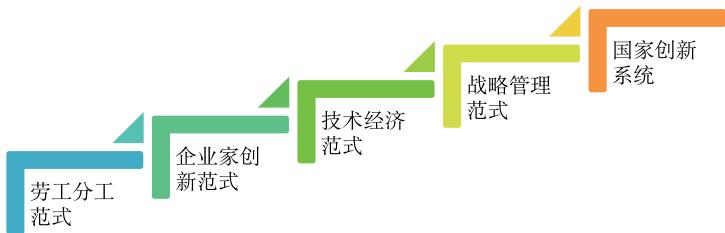


图 3.1 技术创新范式演化过程

资料来源：杨德峰. 技术创新范式演进及企业技术创新战略选择. 北京化工大学, 2004.

的缩略语，即所谓的“科技”。

科学革命一般是指人类对客观世界认识上的重大飞跃，它常以科学理论突破的形式表现出来；而技术革命则是人类改造客观世界手段的重大变革，它往往以科学革命作为基础，并成为工业革命或产业革命的先导。由于技术革命与社会生产联系如此紧密，因此一般来说，技术革命，“主要指改变社会生产技术基础的整个技术体系的根本性变革”：即通过一系列新技术的应用而产生的对社会生产技术体系具有全面影响的技术范式变革。技术革命一词远早于科学革命概念的出现，这不仅是因为技术这一概念本身就比科学概念久远得多，也是因为事实上技术革命的发生也早于科学革命的发生。

进入 20 世纪以后，由于科学和技术的联系已经如此密切，以至于任何科学的进展都离不开技术手段的支持，而任何技术进步都必须以科学的发展为基础，技术的重大突破已经完全依赖于科学理论的发展。因此，对于科学和技术的重大而全面的进步导致的全社会技术体系的革命性变革，我们可以用科学技术革命来概括。但是尽管如此，这个字眼并不代表科学与技术在同样的程度上发生着同样的革命性的变革，它只说明，以科学的迅猛发展为基础的技术变革其规模和广度已经达到如此的程度，不以革命这个字眼来描述就不足以说明它的深远和重大的社会影响，因此，在很多场合，人们又把 20 世纪 70 年代以来科学与技术紧密结合造成的社会生产条件发生的根本性变革，特别是新材料、新能源、新通信技术特别是计算机技术的普遍运用，称为新技术革命，而把以前发生的那些科学直接或间接参与其中的技术革命，称为第一技术革命或第二次技术革命。

从对物质生产和社会变革的影响角度看，本文认为，迄今为止，人类历史上发生的技术革命可以归纳为四次：18 世纪下半叶发生的蒸汽技术革命、19 世纪后期的电力技术革命、20 世纪上半叶开始的以自动化技术为主的新技术革命，以及今天还在方兴未艾的信息技术革命。在这四次技术革命中，除了第一次的蒸汽技术革命，科学是后来参与进来的以外，后面的三次技术革命，都是科学进步促进了技术创新并与社会经济密切联系产生了革命性的变革。比如作为第二

次技术革命的电力技术革命,正是由于电磁理论的突破性进展引起的;自动化技术则是 20 世纪初科学革命的结果;今天的信息技术革命更离不开现代科学的发展。因此,后面的这几次技术革命应该是更完整意义上的科学技术革命(见图 3.2)。

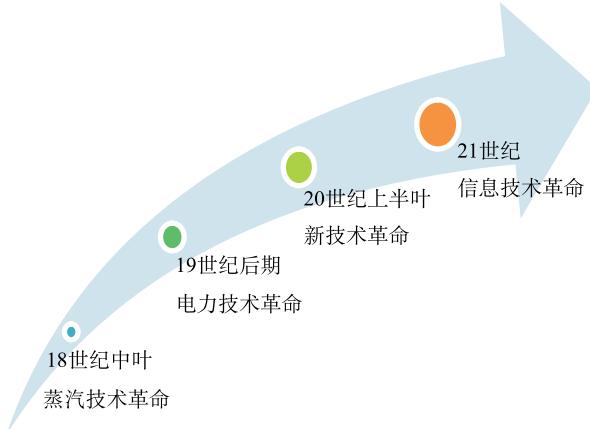


图 3.2 技术革命的变革

资料来源:刘守业. 科学技术革命与当代社会主义发展. 山东大学,2010.

3.2.2 技术革命的三个阶段

18 世纪中叶以来,在人类社会的发展过程中,出现过三次社会生产力的飞跃,全球经济经历了三次科学技术的革命和巨大变革。

1. 第一次科技革命

18 世纪中叶到 19 世纪所发生的产业革命,是人类社会发展到资本主义阶段以后所经历的第一次科学技术上的变革。这次科技革命,以蒸汽机的发明和应用为主要标志。

蒸汽机的发明,是社会经济发展史上的一个里程碑。蒸汽机可以产生出完全受人控制的动力,又可以移动,不像利用水力作动力要受地理位置的限制,从而可以普遍运用,使现代大工业很快地发展起来。1784 年,英国第一座以蒸汽机为动力的纺纱厂建成,大大提高了棉纺织业的生产效率和机械化程度。这种蒸汽机很快地被推广开来,使其他轻工业部门也从工场手工业过渡到机器大工业。轻工业部门的机器发明和广泛应用,又推动了重工业和运输业的技术革新,使社会生产力出现了惊人的发展。到 19 世纪 30 年代末,英国首先完成了产业革命。美、法、德、俄、日等主要资本主义国家,也在 19 世纪内,相继完成了产业革命。

产业革命不仅使资本主义生产力得到飞跃发展,也使人与人之间的阶级结构发生了剧烈的变化,产生了新型资本家和新型工人——产业工人,整个社会日益分裂并简单化为资产阶级与无产阶级两大基本阶级。资本主义的剥削关系被确立起来,资本主义制度从此在人类历史上取得了统治地位。

2. 第二次科技革命

19世纪中叶以后,科学技术的进步,涌现出一系列新的工业部门,特别是1873年以后,掀起了一次科学技术发展的新高潮,它以新式炼钢法和电力的应用为主要标志,通常被认为是人类近代史上的第二次科学技术革命。

在冶金工业中,发明了新的炼钢法,其中,以马丁炼钢法和托马斯炼钢法最为突出。新炼钢法大大提高了当时的炼钢技术,有力地促进了大型炼钢厂和冶金厂的建立。与此同时,苯胺染料的发明,钾基肥料以及硫酸和苏打的出现,给现代大规模化学工业的发展奠定了基础,化学方法从此日益广泛地被用于各种不同的生产部门。19世纪最后30年,发电机、内燃机、蒸汽涡轮的应用,以及以新型发动机为基础而发明的电车、汽车等新型交通工具,把社会生产力的发展推进到一个更高的阶段。

在这次科技革命中,电作为一种可利用的能源,成了技术发展的强大动力。到了19世纪90年代初,电力已开始广泛应用于工业生产。科学技术的新成就,使得许多国家的工业结构发生了重大的变化,为巨大规模的工业生产奠定了技术基础。19世纪70年代以后,在资本主义国家的全部工业中,原来占优势的纺织工业等轻工业部门,就让位给冶金业和机器制造业等重工业部门了。社会生产水平的提高,使企业的规模不断扩大,促进了生产和资本的集中。在资本主义社会,由于资本家之间竞争和兼并的激化,使资本越来越集中到少数大资本家手里,导致垄断的产生。在这次科技革命的推动下,垄断逐渐地代替了自由竞争,形成了垄断组织和金融寡头的统治,资本主义社会过渡到它发展中的最高阶段——帝国主义阶段。

3. 第三次科技革命

第二次世界大战以后,在人类历史上又出现了以核能、电子计算机和自动化技术为主要标志的第三次科学技术革命。

这次科技革命在20世纪40年代末从美国开始,以后逐步扩展到西欧、东欧和日本,并在60年代达到高潮。这是人类历史上规模空前、影响深远的一次科学技术上的重大变革。它不仅在个别科学理论上和生产技术上有所突破,而且几乎是在各门科学和技术领域里都发生了深刻的变化,并迅速引起了社会生产力的更大飞跃。这次科技革命发生后,许多新兴的工业部门迅速崛起,如高分子合成工业、核工业、电子工业、半导体工业、航天工业和激光工业等。实行生产的全面机械化和自动化,采用最先进的电子控制装置,是这次科技革命的一大特点。

电子计算机的生产日新月异,从1946年世界上第一台电子计算机研制成功开始,在不到40年的时间里,电子计算技术就以其惊人的速度突飞猛进,不断更新换代,它的元件技术的发展,已经经历了四代,目前正在向第五代迈进。航天技术的发展,是科技革命的综合性产物。从50年代后期出现人造卫星以后,又

进行了载人宇宙飞行、登月活动,以及对火星、土星及太阳系其他星球进行探测,揭开了人类向宇宙空间迈进的序幕。航天技术的发展将会对社会生产力的发展起着不可估量的作用。

这一新的科学技术革命,是指以电子计算机为主的一系列新兴产业的发展,其中包括生物工程、光导纤维以及新材料、新能源、海洋开发等领域。它将促进社会生产力的新飞跃和经济管理水平的进一步提高,相比之前几次科学技术革命来说,对人类发生的影响将更加深远。

3.2.3 技术革命对所在国产生的影响

1. 第一次技术革命的影响(见表 3.1)

表 3.1 第一次技术革命的影响

经济工业化	生产力得到极大发展,工厂取代工场,巩固资本主义各国的统治
政治民主化	资产阶级民主政治发展;英、法、美早期现代化国家民主政治进一步发展;俄、德、意、日走上资本主义道路
阶级关系	社会日益分裂为工业资产阶级与无产阶级
东西方关系	英国成为世界霸主,东方从属于西方,资本主义世界体系初步形成

2. 第二次技术革命的影响(见表 3.2)

表 3.2 第二次技术革命的影响

经济工业化	侧重于基础工业、重工业、化学工业等部门,发达国家实现工业化,形成以科技为先导,以垄断作为生产组织形式的现代化经济模式
政治民主化	英、法、美等国进一步完善政党政治,民主选举、社会立法等民主体制进一步健全、成熟
阶级关系	工人阶级人数空前增加,技术工人、管理人员、自由职业者等组成的新中间阶层在 19 世纪末形成一个独立的社会阶层
东西方关系	资本主义殖民体系完全形成,世界基本瓜分完毕,所有民族都被卷入世界市场之中。亚洲的觉醒

3. 第三次技术革命的影响(见表 3.3)

表 3.3 第三次技术革命的影响

经济工业化	产业结构不断高级化,新兴产业不断涌现,第三产业在国民经济结构中所占比重迅速上升,成为新的经济增长点。现代化的扩展速度相当惊人,世界上几乎所有的国家都主动或被动卷入现代化的历史潮流中
政治民主化	绝大多数国家采取了共和制或君主立宪制,民主的内涵和享有者范围显著扩大
阶级关系	传统的金字塔式的社会结构逐渐转向“两头小,中间大”的枣核型结构,中间阶层日益成为社会主体
东西方关系	亚非拉民主主义运动持续高涨,殖民体系瓦解,亚非拉国家从此获得真正的独立。发展中国家与发达国家之间的差距在拉大

3.2.4 技术革命对人类社会创新范式的影响

经典物理学体系的完成及其直接推动的三次技术革命——蒸汽机技术革命、内燃机技术革命、电气技术革命,造就了20世纪科学技术发展的雄厚基础。20世纪初期以相对论、量子力学的建立为标志的物理学革命,虽然发现了高速、强引力场,微观情形下不同于经典物理学的新的规律,却未能推动又一次新的技术革命。

20世纪后半期的以电子计算机技术为代表的信息技术革命,其直接的理论推动则来自系统理论(以元件构造电路系统、以简单系统构造复杂系统的理论、方法)、信息理论(计算机运用处理、变换信息的理论、方法)、控制理论(以计算机控制物质能量,形成有组织的结构、运动的理论、方法)。

20世纪之前的技术革命,全都没有超越以认识、运用能量为中心的技术时代。20世纪后半期的信息技术革命,则标志着人类从认识运用物质能量资源、工具,转变为认识运用物质、能量、信息资源工具且重在认识运用信息资源工具;并伴随着人类从分析为主的科学方法转变为分析与综合的科学方法,从局部、小系统优化转变为整体、大系统优化,从短期目标控制转变为长远目标控制等同样铭刻着时代特征的观念转变。

因此,从技术革命的角度来看,人类社会的创新范式已经经历了从“线性创新”到“创新体系”,再到“创新生态系统”的根本性转变,对于中国经济转型而言,这种转变既是机遇,也是挑战。全球技术创新的三个范式革命见表3.4。

表3.4 全球技术创新的三个范式革命

	创新范式1.0	创新范式2.0	创新范式3.0
理论基础	新古典经济理论和 内生增长理论	国家创新体系	演化经济学及其新发展
创新主体(关系)	强调企业单体内部	产学研协同	产学研用“共生”
创新战略重点	自主研发	合作研发	创意设计与用户关系
价值实现载体	产品	服务+产品	体验+服务+产品
创新驱动模式	需求+科研	政府+企业+学研	政府+企业+学研+用户
	“双螺旋”	需求+科研+竞争	需求+科研+竞争+共生
创新范式	线性范式	创新体系	创新生态系统

资料来源:李万,常静,王敏杰等.创新3.0与创新生态系统.科学学研究,2014.