贺钱学森院士 95 华诞

创建知识系统工程学科

王众托
（大连理工大学，辽宁大连　116085）

［摘要］　介绍了如何在钱学森的系统科学与思维科学思想的启发和指引下，创建知识系统工程学科，知识系统工程的任务与内涵，知识系统的组成要素和功能；提出了知识系统的组织、人员、技术、经营和文化的体系结构；分析了知识系统的运作过程；特别对创新过程中知识的集成、转化与新知识的生成提出了一些新的观点。

［关键词］　知识管理；系统工程；知识系统工程；创新；知识集成
［中图分类号］ T－01；N945　［文献标识码］ A　［文章编号］ 1009－1742（2006）12－0001－09

1　知识经济与知识管理

最近几年来，无论在国外还是国内，都引起了研究讨论知识经济的热潮。知识经济是建立在知识的创新、传播和使用基础上的经济，是继农业经济、工业经济之后的一个新的经济发展阶段，将引起生产方式、生活方式以至思维方式的重大改革。

当今人类社会步入了一个经济结构加快调整的重要时期，科技竞争已成为国际综合实力竞争的焦点。科技进步促进了经济的发展，而经济的发展反过来又推动科技进步；二者相互作用，促成知识经济的产生和发展。知识已经从书斋和实验室走入经济生活，成为重要的经济资源、生产要素和资本。

我国近年来保持了较快的经济增长速度，社会财富不断增加，但经济结构不够合理，粗放型的增长方式与有限的自然资源成为制约我国国民经济和社会持续健康发展的瓶颈。为了克服这些制约，必须走科技含量高、经济效益好、资源消耗低、环境污染少、人力资源得到充分发挥的新型工业化道路，不能不关注知识经济。我们应该不失时机地加强对知识经济的研究，提高认识，探索规律，寻找适合我国国情的发展途径。

除了重视高新技术类知识产业的发展和传统产业的改造外，更应该全面研究包括现有的和未来的各行各业在内的整个经济生活中的知识的作用，在扶植创建新的知识力量的同时，挖掘和动员已有的知识资源，加以充分利用，提高综合国力。

如果说过去在长期的生产过程中人们是不自觉地点滴累积并利用各种知识，那末到了知识经济阶段，一方面技术知识在不断地增加和深化，它的作用也愈来愈大；另一方面由于分工和专业化程度的提高，制度知识（管理知识）也在不断地发展。人们需要更加自觉地认识和发挥知识的作用。因此，知识作为一种资源，作为一种生产要素，作为一种资本，对于它的管理需要专门加以研究。

长久以来，随着知识应用的日益广泛，人们已经自觉或不自觉地在组织和管理知识。对那些有固定形式的知识，如技术文件、资料、图纸、专利等能自觉地加以管理，而对一些无形的、特别是潜在的知识，则常常未予重视，甚至有时会损害或妨碍这类知识的获取、传播和应用。因此，把知识管理作为一个重要的任务提出来是有现实意义的。

在经济发展的现阶段，知识资源的作用日益显示出其重要性，它不但孕育生长了一批高技术产

［收稿日期］　2006－10－10；修回日期　2006－10－20
［基金项目］　国家自然科学基金资助重点项目（79630010；70431001）
［作者简介］　王众托（1928－），男，湖南平江县人，中国工程院院士，大连理工大学教授

业，还能促使有限的自然资源得到更合理和充分的利用。据统计，美国自1900年以来，每单位产出的劳力投入平均每年减少1%；二次大战以来，每单位国内生产总值的原材料消耗每年降低1%；1950年以来，单位产出的能耗每年也降低1%[1]。正是由于知识（包括科学技术和管理知识）的作用，才使其他生产要素的消耗逐渐下降。

人的智力资源是取之不尽、用之不竭的，越开发越多。如何开发利用这种特殊的资源，其组织管理是一个崭新的课题。

知识是一种无形资产，所以它的管理远比有形物资管理要复杂。特别是只可意会不可言传的隐性知识存在于人的头脑之中，人员流动常会造成知识的散失。如何使创新集体中每个人的知识都能与其他人沟通共享，形成组织（集体）所掌握的知识，是一个非常复杂的组织行为和社会过程。传统的管理思想和模式在这里是不适用的，需要另辟蹊径。

近年来，关于知识管理的研究和实践，是沿着两条主线进行的：一条是把重点放在信息管理上，因为信息是知识的载体，通过对信息内容和信息工具的管理来实现知识管理。从事这方面工作的人大都具有信息技术与计算机专业背景，他们致力于信息系统、人工智能等工具方面的应用。另一条主线则是把重点放在人的管理上，研究者大都具有社会科学与人文科学专业背景，他们着重研究人和组织的行为和思维方式。

由于知识管理的高度复杂性以及跨学科的特点，知识管理兼有技术与人文两种属性，而且两种属性是交互作用的，因此，沿上述两条主线中的某一条进行研究，对于某些具体问题可以取得成果，但缺少从全局上的把握。如果利用系统方法对知识系统从整体上加以分析和综合，就能更全面和深入地考虑各种因素及其相互影响。尤其是现代系统科学与系统工程对复杂系统的研究思路和方法，可以作为知识管理的犀利武器。

2 知识系统工程

钱学森教授是中国系统科学与系统工程事业的开创人与引路人，在他的领导和指引下，我国系统工程在实践和理论上都取得了辉煌的成就；在系统科学的发展、特别是系统学的开创方面，他做出了创造性的贡献[2]。早在20世纪80年代，他就提出开展思维科学的研究[3]，并提出要用思维科学成果来研究开放的复杂巨系统问题，把综合集成看作是思维科学的应用技术，使思维科学的发展以应用为依托，以取得实际成效。

正是他所倡导的将系统科学与思维科学结合起来进行跨学科研究的思想，指引我们在研究知识管理和创新的过程中，运用系统工程与思维科学的理念和方法论，提出创建“知识系统工程”学科分支，来具体处理知识的应用和创新问题。

按照他和许国志教授、王寿云教授的说法，系统工程是关于组织、管理的技术。知识需要管理，而知识的生产、传播与利用又形成了一个系统，是否可以把知识系统的研究提到系统工程的高度，建立系统工程的一个新的学科分支进行研究呢？

在研究和解决系统工程应用问题时，既可以按照行业来建立分支，如农业系统工程、航天系统工程等，也可以按照一些共性对象如物资、能源、信息来建立分支。

对于能源进行系统性研究，可以建立能源系统工程这样一个领域。尽管能源的生产、输送、转换与利用属于不同行业，包括煤炭、石油、核能、电力、运输等行业，但是从一个统一的观点跨领域加以研究，有利于对能源的有效综合利用进行统筹规划、运行和管理。20世纪80年代初，我国系统工程界建立了能源系统工程学科，用系统工程思想与方法研究了我国能源从资源开发、加工、运输与综合利用、节能的战略与规划，向政府提出了许多建议，取得很好的效果。

对信息进行系统性研究，可以建立信息系统工程这样一个领域，我国曾不失时机地建立了信息系统工程学科，对信息的获取、传输、加工与利用进行统筹规划、运行和管理。现代的信息技术是由计算机技术与通信技术有机结合而形成的，信息网络正在进行通信网、电视网与数据网的三网合一，用信息系统工程的观点来处理经济与社会、国防的信息化问题，更是发展的需要。我国的信息技术及其应用的大发展，正是沿着这样的思路前进的。

现在物流系统也正在应用系统工程的原理与方法来建立自己的学科体系。

同样，为知识系统建立知识系统工程新领域，对于知识管理和知识经济的研究将开拓一条新的途径。因此在上世纪末，笔者提出了建立知识系统工程的倡议[4,5]。

沿袭系统工程的一般定义，可以对知识系统工

程做出如下定义[6]："知识系统工程是对知识进行组织管理的技术。"

知识管理系统是一个复杂的人－机系统，其中人的因素所占比重很大，特别是涉及人的思维活动，现在还难以精确描述与分析。以计算机为核心的信息系统起到采集、传输、存贮、处理以及协助人们沟通和深化思维的作用。它与管理物流，能流、资金流的系统有很大的差别，与管理信息流的系统有一定的共同之处，但也有差别。所以应该根据各自的特点，建立自己的思路和方法。

这里所说的知识系统，其含义与内容要比人工智能中的基于知识的系统（knowledge-based system）广泛得多，因为其中包含了具有主动性和创造性的人在内。基于知识的系统可以看作是我们这里所说的知识系统的一种工具，一类子系统。

按照系统工程的观点，系统是由许多要素组成的整体；要素之间，要素与整体之间，整体与环境之间存在着有机联系；系统具有整体功能；系统是有层次的；系统的存在与发展必须适应环境[7]。

对于一个组织（企业、院所等）的知识系统，系统中的要素就是存在于文件、手册、图纸中的知识，存在于人的头脑中的知识和已经凝聚在产品、工作过程、经营管理制度和方法等等之中的知识。这些知识按来源、用途有各式各样的有机联系。

所谓知识，除了我们日常自觉感受到它存在的可编码的显性知识（或称言传性知识）外，还有由个人的经验、技能和洞察力构成的、无法用语言表达的隐性知识（意会性知识）。

后一种知识由于包含了经验、技巧、诀窍，是要靠实践摸索和体验来获得的，可意会而不可言传。国外喜欢引用哲学家波兰尼对这类知识的研究成果[6]，他曾提出过一个基本原理："我们所知道的总是比我们说出来的多。"其实早在两千多年前，我国解释《易经》的《易传》中就说到过："书不尽言，言不尽意"，也就是说，我们不可能把说得出来的都写出来，不可能把意会的东西都说出来。这类说不出来的经验、体会就是意会性的知识。

意会性知识一部分来源于个人在生活实践过程中通过形体动作或感官接受而获得的感觉与体验，例如人们掌握骑自行车和游泳就得靠亲身实践；过去手工作坊中师傅带徒弟进行像打铁、绣花等工艺操作，徒弟是在实际劳动中观察、模仿、体验而获得技艺的；另外一些是人们通过直觉、感悟和阅历而获得的。这类知识具有很强的个人特性，包括人的价值观和眼界，很难甚至根本不能通过语言来表达和传递。它在人类获得知识的过程中起着极为重要的作用。其中有一些经过转化而能够独立表达和传授，就形成了言传性知识。但在转化过程中，一些富有个性的因素也就遗失掉了。另外一些是不能转化的，只有掌握这类知识的人才能亲自使用它。

除了个人的知识外，还有组织（团队、企业、院所）的、集体的知识。由于知识的产生来自人的实践与认识，知识是由个人产生的，离开个人，组织无法产生知识。但在经济活动中，组织也具有自己的知识（包括显性与隐性知识），表现为企业所掌握的技术、专利、生产和管理规程，有的已嵌入了产品与服务之中。组织知识是将个人产生的知识与其他人交流而形成并结晶于组织的知识网络之中的。在创新活动中，需要综合各种知识，转化为生产力，这就需要组织知识。

知识系统工程是从实践来审视知识系统的，知识系统的整体功能是支持知识主体的存在和发展，对国家来说是提高创新能力，增强综合国力；对企业来说是提高企业的竞争力。知识系统是随着社会经济、文化生活的发展而产生和发展的，要不断更新以适应社会需要。

按层次来说，知识系统可以分为宏观和微观两层。宏观知识系统是一个国家的知识系统；微观知识系统是一个组织（企业、院所等）的知识系统。其实对个人来说，也有自己的知识系统。微观系统是宏观系统的有机组成部分。

知识系统工程可以吸取传统的系统工程的思想、方法、工具体系，来研究宏观与微观知识系统的目标、功能、结构，以及系统的规划、设计、建立和运作，但要按照知识系统自身的特点来研究许多新问题。这方面有许多工作要做，特别要从当前的实践中提炼带规律性的东西。

按照系统工程的思路，我们可以从系统的结构和功能对知识系统加以考察。系统的结构一般说来是由系统功能确定的，但一个好的结构又可起到强化和扩充系统功能的作用。知识系统的功能是由知识管理的任务决定的。

知识系统的功能应该是：**a**. 高效率、高效能地获取和组织知识；**b**. 有效地保存和保护知识；**c**. 适时将知识传播到适当的地方给适当的人；**d**. 高效率、高效能地创造新知识，并用来开发新

产品、新流程和新的经营管理方式；e. 按市场规律经营管理知识资产；f. 营造和发展有利于知识生成、转移、使用的组织文化。

上述各种功能有的与组织（企业、院所）原有部门的职能相同或相似（如技术管理），有的要扩充和深化（如人事管理要从职务、职称、工资、档案管理扩充到人才专长、能力的管理），有些则是新的职能。一个组织可能包含几个知识系统，而一个知识系统可能跨越几个组织，不像某些实物系统与具体组织关系那样明确。

宏观知识系统指的是一个国家、一个地区或一个行业的知识组织管理系统。以一个国家而言，科技是综合国力的基础，而创新是国家民族繁荣昌盛的不竭的源泉，我国已将自主创新作为国家的战略任务，建立国家创新体系。由于知识的生产、传播和应用是一个系统整体，是相互制约而又相互促进的，所以宏观知识管理不仅是科技界的任务，还涉及国家的经济、社会、教育、文化等许多部门。国家和社会将对不同的层次和不同的工作建立不同的投资、管理、评价与反馈体制与机制。这样形成的一个相互联系、密切结合的系统，正是未来知识经济中的知识系统主体。

这里还将涉及立法、行政、国际关系、社会生活等许多方面，由此构成的开放巨系统必须具有很强的适应性和自组织功能。

微观的知识管理可以用企业作为背景来加以考察，企业是社会经济系统的基本组成单元，在未来的社会经济生活中，将发挥愈来愈大的作用。企业知识系统的使命在于组织与实施创新活动，使企业在竞争中立于不败之地。

对企业的知识管理来说，不仅与传统意义下的研究开发部门、科技信息（情报）部门以及技术管理部门有关，而且涉及到整个企业内部以及与外部关联的所有知识生产、传播与应用环节。

企业的知识系统对企业的创新活动有着关键性的作用。创新包括：

- 制度创新，这是企业创新的前提；
- 技术创新，这是企业创新的核心；
- 产品创新，这是企业创新的载体；
- 市场创新，这是企业创新的归宿；
- 管理创新，这是企业创新的保障。

要使这样一个知识系统发挥整体效应，就必须对企业内部人与人之间的信息与知识沟通进行研究，明确某一工作人员依赖谁提供信息与知识，又生产出什么信息与知识，谁又依赖他的信息与知识。更重要的是如何使企业成员的隐性知识和创新能力能够充分发挥。这涉及到企业体制、运行机制等一系列问题。

当知识与经济融合之后，还有个经营的问题。广义的知识管理实际上就包含了知识的经营与管理两个方面。目前，企业界的有识之士已经认识到知识管理对创新的重要性，但对于如何建立与管理企业的知识系统，还缺乏应有的自觉性。这在国内外都是一个新课题，需要加以研究。

3 知识系统的体系结构

由于知识系统的高度复杂性与抽象性，对于系统的研究常有无从下手的困难。为了构筑一个研究的基本框架，建议从研究知识系统的各种体系结构入手。

系统的体系结构（architecture）用来表述系统某一方面特点的结构方式和模块组成。体系结构这一概念先是从一些工程系统中产生的，最早是针对房屋、楼宇的整体布局与安排，使得各部分的空间位置合理匀称。后来这一概念推广到其他工程领域，就有了如计算机的体系结构等概念。它侧重原则和方法而不具体规定技术与业务细节[6]。它不局限于讨论具体机构、工作流程和人员组合，而更着眼于为实现系统功能所做的原则性的安排。这种安排着眼于各部分的关系应该怎样处理，使得系统在整体上结构合理，各部分都能发挥作用。

我们建议的知识系统的体系结构包括：组织体系结构、人员体系结构、技术体系结构、经营体系结构、文化体系结构等[7]。

3.1 组织体系结构

组织体系结构涉及到知识的产生、传播、有效利用的组织原则与形式。知识管理可以具备两种形式：一种是经常性的管理，一种是按项目的管理。经常性管理的组织应该纳入现有的组织形式中，如研究开发部、设计处、技术监督部等。按项目管理是为了创新需要而组织专门的课题组、攻关组，项目结束时组织也就自然不存在。知识组织应该是学习型组织。在知识工作中自然形成的实践社群（COP）应该是知识运作的主要形式，而像知识中心这样的专门知识管理部门应该及时组建。

除了组织内部的部门机构之外，组织外部的机

构有时也需要联合、协作，因为知识的运作涉及学科门类多，不是组织本身所能包揽的。“虚拟组织”的概念在这里可以应用，这样形成的是一种网络型结构。它的生命周期决定于任务过程的长短。

在现代企业中，有一类企业对知识的依靠程度非常之大，它们的产品与服务的知识含量特别高。最典型的就是软件企业，知识对它们的作用远远要比其他生产要素重要。这类企业可以称之为知识型企业。像在美国的硅谷地区，我国的一些高新技术园区，几乎全是这类企业。这类企业的特点，首先是知识成为企业创造财富的最主要的生产要素；其次，创新是企业的灵魂，是企业生存和发展的主要动力。这类企业多半是高投入、高风险、高收益的，所以它的经营常常是不稳定的。员工的忠诚度和客户的信任度决定企业的命运。

3.2　人员体系结构

人员体系结构涉及到系统中的知识工作者以及相应的数据工作者。前者包括设计师、工程师、建筑师、经济师、律师以及高层主管、领导人员等；后者包括记录员、统计员、会计员等。

知识工作者的日常工作是获取知识、加工处理知识和应用知识，有的还要创造新的知识，而世界上的知识总是在不断地更新，需要不断地学习，获取新的信息和知识。知识工作具有一定的自主性或者说自治性，知识工作者希望能有一定的授权和独立工作条件以及宽容的环境。

由于知识在企业中的作用日益显著，因此国外在企业中设立知识主管（CKO）职位，在企业总管（CEO）的领导下专管知识工作。

在知识型企业中，企业家就像一个大型交响乐团的指挥，他无须教授每个演奏家演奏乐器，而是如何使演奏进行的更协调，更能体会全曲精神。

作为一个知识群体，还有群体结构问题。这同时涉及组织和人员结构。群体结构包括学科结构、智力结构、年龄与阅历结构、思维结构等，要做到有较强的互补性，使得一个组织具有知识供给能力、知识应用能力、思维综合能力、情感意志调节能力等。

3.3　技术体系结构

知识有两种载体：一种是生命载体——人；一种是物质载体，如书籍、期刊、磁性与光学媒体（磁盘、光盘）等。在知识获取、传播、使用与产生过程中，人与人之间、人与物质载体之间以及物质载体相互之间是要进行知识交换的，技术体系结构指的是这个过程中使用的技术方法和工具体系。我们这里把所有与处理知识有关的方法和工具都归属于这个技术体系。如果再细分，又可以分成两个层次，一是狭义的工具层次，二是方法层次。前者主要指的是信息基础设施，包括硬件和相应的服务软件；后者主要是指如何在信息基础设施上收集、处理、利用知识的方法。

计算机的高速处理能力加快了人们获取和处理知识的速度和深度；大容量的存储和方便的检索使得人们很容易积累数量巨大、门类繁多、形式多样的知识；网络化消除了空间限制，全球化的网络（目前的因特网与今后的第二个因特网）成为一个庞大的知识来源；虚拟现实技术使人们能像身临其境一样模仿一些难以具体实现的场景，提高了学习与实验的能力，凡此种种，都对人类的知识和智能的发展起到了促进作用。

在工作中，人们需要从获得的大量数据中提取信息和知识，而传统的数据分析方法，数据检索机制、统计分析等方法，只能获得数据的表层信息，不能获得其内在的、深层次的信息，换句话说，利用传统的数据分析方法，不能从大量的数据库数据中获取知识。为使快速的数据产生、存储、搜索有相应的数据分析方法与其匹配，人们研究开发了一些新的自动信息处理技术——数据采掘、文本采掘和知识发现技术（DM，TM，KDD）。

计算机辅助设计（CAD）系统，生产数据管理（PDM）系统，决策支持系统（DSS）和主管支持系统（ESS）等，也属于这类工具，可以把它们的工作与人的主动性、创造性结合起来，发挥作用。

在新的知识产生的过程中，为了进行个人与个人之间、个人与集体之间的沟通，一些计算机辅助协同工作（CSCW）的技术与工具和群件（group ware）能发挥很好的作用。

3.4　经营体系结构

知识经济像物质经济一样，有完整的再生产过程。它的生产、流通、交换、分配和使用的过程需要加以组织。

知识产品的生产就是知识的创新。知识产品也有价值和价格，也要分析它的成本与售价。

知识的分配就是知识的传播。学校教育，在职教育培训（包括网上教育）是主要的形式。当然也包含个人之间的传播。

知识产品的交换既有与物质产品相同的情况，又有不同的情况，如学术思想的交流就不存在等价交换原则。

知识产品的利用是一个复杂的过程。一般分成两个步骤：一是将基础研究成果转化为应用技术，二是将应用技术转化为生产力。科技的发展使科学和技术逐渐接近，加速了转化过程。

上述过程都有如何经营管理的问题，需要建立一定的组织和运行规则。知识产品作为商品进入市场，它的交易与实物产品有些是相同的，有些则有它自己的特点，需要在实践中逐步形成和发展。

知识与经济融合后，使得知识作为一种无形资产，需要对它的经营方式、方法进行研究。作为一种不同于有形资本的知识，它的投入与产出应该如何测度，其产权保护、分配和交换又遵循什么规律，都与传统的以物质生产为基础的经济学规律不同。建立它的经营运作体系，特别是激励与协作机制，是知识管理中的重要内容之一。

3.5 文化体系结构

组织文化体系结构涉及组织内部全体人员的价值观、信念、是非善恶标准与工作习惯等，它一方面受地域、民族、历史等影响，另一方面也是人们长期在适应外界环境、整合内部组织过程中形成的，是组织内部人员在内外交往中共同遵循的行为规范。需要通过对人这一能动主体的研究，更完满、更充分地发挥人的主动性和创造性。先进的科学技术明明是会给组织带来很大效益的，但它的推行有时却遇到很大的阻力或抵制，常常是一种先进的工作方式在某些组织中推行得很顺利，而在另一些企业中却不被接受。究其原因都与组织的文化有关。尤其是在创新过程中，没有一个有利于创新的文化环境，就很难保持一个团队的创新积极性、主动性和无穷无尽的创造性。

以上建议的知识系统的体系结构可能不完善，还有待于在实践中检验，吸收新的思想加以充实。

4 知识系统运作过程分析

知识系统中的过程可以分为知识运作过程和知识管理过程两类，这两类过程形成了一个两层结构。知识运作过程是在生产、研究开发或者服务一线的人员为了本身的工作需要而去收集知识或者生成新知识的过程。知识管理过程则是对知识的运作进行管理、提供有利于知识应用和知识创新环境的过程。二者既有区别，又是紧密联系的。

知识的运作过程包含了知识从识别、采集到利用、创新的各种功能，具体说应包括：确定知识需求，知识识别，知识收集，知识选择，知识创新与集成，知识保存，知识传播与共享，利用知识，转化知识，销售知识（必要时）。

在知识经济时代，创新是企业生存与发展的关键因素。“创新”一词在我国存在着两种理解，人们经常谈及的创新，指的是创造和发现新东西，使用的实际上是“创新”的日常概念。从这个广义的概念上看，人类社会的每一次进步都离不开创新。这种理解有利于社会各阶层、各群体以及在社会生活中处于不同角色的人参与创新行为。但从经济学角度来理解创新（innovation），则应该包括工程化、市场化直到产生经济效益的过程。创新过程是一个知识转化和生成的过程。企业的创新是由企业组织内外许多个人的知识相互作用、转化而实现的。

长期以来，在管理科学界有一种把组织看作是一个信息处理机器的观点。按照这种观点，一个组织的工作就是处理从外界获得的信息，进行决策，产生行动。但是这种观点无法对创新进行满意的解释。因为创新不仅处理了信息，而且产生了新知识，通过与环境的互动，还改造了环境。

组织知识的产生和学习是分不开的。过去对学习的研究常采用黑箱的方法，从刺激与反应关系入手，缺少对内在机制的探讨。现在可以把学习与知识生成联系起来，从动态观点研究知识生成过程。

个人知识的创新过程，涉及到认知心理学等学科。从系统的观点来看，个人的知识生产过程是在一定的需求或启发下，树立一定的目标，通过学习、调查、实验、实践，输入基础知识、专业知识以及相关的信息与知识，通过思维加工，构成一定的知识结构。再经过实践和创造性思维，进行知识重组，从而产生新的知识。这里面有一个反馈控制过程。在每次知识重组、产生新知识时，都要与目标相比较，根据差距调整知识结构，继续思考和实践，直到达到目标为止。当然，在此过程中也会发生调整目标的事，或是调整整个过程的事，就像在一个自适应系统中的过程那样。

新知识的产生（创新）要经过准备、孕育、顿悟、检验等阶段，人的思维过程包括抽象、概括、分析、综合、判断、推理等逻辑思维环节，但仅仅依靠逻辑思维是无法完成创新过程的。钱学森教授

在创建思维科学的过程中曾经讲过："比如人的创造思维过程就决不是单纯的抽象（逻辑）思维，总要有点形象（直感）思维，甚至要有灵感（顿悟）思维。"[3]联系到所涉及的知识，逻辑思维多半应用可以通过语言文字传递和交流的显性知识，而形象思维还应用了只可意会、不可言传的隐性知识。

人的智慧，实际上就是人认识客观事物并运用知识解决问题、进行创新的能力，它本身就构成了一个系统，而且是能够学习和进化的系统。

完整的创新过程不仅涉及个人的活动，还涉及整个团队、组织的活动；不仅涉及个人的知识的应用和创新，还涉及组织的知识的应用和创新。因为在创新活动中，需要综合各种知识，转化为生产力，这就需要组织知识。

组织在环境中生存也会积累经验，增长经历，从而生成组织的隐性知识。它不是短时间就能够形成的，由于它在创新中的独特作用，它是组织的无形的宝贵财富，是组织的核心竞争力。

对于组织知识的产生与知识创新，日本管理学者野中（I. Nonaka）等提出的知识转化与生成模型是很有启发意义的[8]。这一模型包括 3 个主要组成部分：一是知识通过社会化、外化、组合与内化的生成过程；二是知识生成的平台，他们把它称为"Ba"；三是知识资产。其中隐性知识与显性知识的相互转化以及个人知识与组织知识的相互转化及生成的概念，在当前知识管理研究中是很有影响的，但也受到一些质疑。例如美国学者 S. Cook 就认为[9]，意会性知识是不能转化的，而新知识或者说新的知晓过程是通过个人显性、个人隐性、组织显性和组织隐性四类知识以一种"生成之舞蹈"方式轮番作用而产生的，四类知识各有各的用途。

上述两种模型各执一词，应该说，各自都有其适用的情况。笔者认为，隐性知识有一部分是可以转化的，因为沿着人类历史的长河来看，现有显性知识绝大部分是由隐性知识（人的经验、技巧）转化而来的。但是确实有一部分是不能转化的，像人的感悟、洞察力、灵感等，正是这不能转化的部分，用来作为完成上面那一部分转化的基本工具。

上面两类模型对两类知识的看法都是基于非此即彼的二分法（dichotomy）的。根据我们的看法，实际生活中无论是个人还是组织的知识，都是以一种不同显性度的连续谱系存在的。野中那种在二分法指导下的意见，认为知识的创造是从意会性知识转化为言传性知识，如果是指某些宏观的结果和顿悟过程而言，是可以理解的，但实际上在创新过程中，在不同显性度的连续谱系的各层次上，既有把还不够明晰的知识通过像专家系统、数据或文本挖掘变得更加明晰与易于言传，也有从不太能够说出来变得能够说出一些，还有从完全缺乏经验积累变得能够形成一些积累。一句话，都是在不同程度上在从完全隐性到完全显性的知识谱系中局部提高知识的明晰性和可言传性。所有这些知识需要加以集成，形成一定的知识结构，才能为新的想法的涌现准备条件。这种涌现实际上是在一定的知识结构基础上产生的从渐变到突变的过程。这种对两个极端之间丰富的中间状态的重视，乃是我国传统哲学的特点之一，应该说也是比较符合生活实际的。

这里的每一步都应该是有隐性知识在起作用的，有时还是与显性知识一同起作用，同时还存在相互融合（fusion）的过程。单纯依靠显性知识而无隐性知识的支撑（这是当前计算机所能自动做到的），是无法产生新的想法的。

从系统理论的角度看来，这个系统是个复杂自适应系统（CAS），是在混沌状态与有序状态之间演化，特别是共识的达成与新概念的产生，是由混沌到有序的演化过程。其中的变化符合自组织的一些原理，可以从自组织系统角度进行深入分析[7]。

5　知识创新与思维方式

当前举国上下都在关注培养自主创新能力的问题。在创新的不同阶段，都有知识运作的过程，其中新知识的生成是关键环节。根据目前的提法，自主创新有 3 种形式：原始创新；集成创新；引进吸收消化再创新。

从系统工程的角度来看，后两种都可以算作是系统集成创新，即使是原始创新，对一些大型设备、流程或经营管理模式来说，也多少带有系统集成特点。所谓系统集成创新，是把已有的新知识、新技术、新部件创造性地集成起来，以系统集成的方式创造出新产品、新工艺、新的生产方式或新的服务方式、新的管理模式。它同样是一种创新，它的"新"表现在新的系统整体功能的涌现上。

系统集成创新涉及到多种技术与学科，它的实现与产生实际效果需要来自不同领域的许多人参与，不但要用到个人知识，还需要集体（组织）的知识。不但要用到系统组成部分的有关知识，还要

用到系统建构（systems architecting）与集成的知识。这里综合集成的思想和方法将起到重要的作用。

在思维方面，正如钱学森教授所说的："要研究个人跟集体和集体创造的精神财富在思维方面的相互作用。"[3]

野中等提出的"Ba"的概念是指一种创新的环境，钱学森教授提出的综合集成研讨厅的概念就是一种决策和创新的环境。野中更多的是从知识转化着眼的，而研讨厅则是从思维方式着眼的，具有更大的动态性和主动性。对知识的研究不能脱离思维，这是钱学森教授给我们的启示。

在新知识生成的过程中，直觉起到了先导性的作用。直觉是人的大脑仅凭感觉、或者凭少量感性信息（个别、特殊）的启示，就对事物的本来面貌、本质、相互联系、相互关系、变化规律（一般、普遍）直接做出判断的认识活动。正如钱学森教授所说的，"工程师处理问题，别人看来不明白是怎么回事。譬如总工程师最后下了决心，大家就这么干。一干对了，究竟是怎样对的？为什么要这样干？谁也不知道是怎么回事"。"战争中的指挥员，都是这样的人物。他有丰富的经验，他把地形一看，形势一估计，决心就下了。参谋们可能向他提了许多方案、建议，他说不行，就这么打。别人搞不清是怎么回事，但是仗一打，胜了，说明他是正确的"[3]。这都是直觉在起作用。

在系统研究过程中，笔者认为有一种可以称为"系统直觉"的思想活动起到了先导的作用[10]。系统直觉是能够把复杂问题看作是系统问题的一种直观感觉，这种感觉是由过去处理复杂问题或系统问题积累的经验和一定的系统知识累积而成的。我们经常听到领导人或者掌握全局的人在面临一个复杂的任务时，说到"这是一项系统工程"，这正是他们根据系统直觉得出的结论。在我们这样的大国，面临众多复杂问题，涉及多种相互关联的因素，领导人或者掌握全局的人经历过许多难以解决的事件后，自然会产生这样的直觉，能够有这样的感觉确实是难能可贵的，但在非常复杂的情况下，不能停留在直觉水平上，应该进一步进行系统分析，再通过系统综合来解决问题。

系统直觉有以下特征：**a**. 有系统整体性的感觉；**b**. 对整体与部分的关系有一定的认识；**c**."自上而下"地看问题；**d**. 很强的情景依赖性；**e**. 运用了不可言传的意会性知识。

除了个人的直觉以外，对一个团队也有集体的（组织的）直觉，著名的心理学家荣格（C. G. Jung）就指出过这一点。钱学森教授在创建思维科学时多次提到了集体思维，其中应该包括集体直觉。荣格曾经讲过集体直觉有遗传因素，但大部分还是在集体生活和工作实践中形成的。这涉及到集体的隐性知识的形成，也就是"同感"的形成。系统直觉在系统集成创新过程中起到了先导作用。他为一个集体形成共识提供了先决条件。

钱学森教授还提醒我们从我国的传统哲学中吸取有用的思想。他曾提出应该研究已故的哲学家熊十力所提出的"性智"与"量智"概念。从知识侧面来看，量智涉及显性知识的获取、探究和运用，性智则涉及隐性知识的获取、探究与运用，二者相结合才成为知识创新的基础。我们经过学习还了解到，熊十力提出过"感识"、"意识"、"察识"的概念[11,12]。"感识"相当于感性认识，"意识"相当于理性认识，属于工具理性，"察识"则已经融入了价值观，属于价值理性了。现在我们提出要树立科学发展观和构建社会主义和谐社会，正是要把人们的认识水平提高到察识的水平和境界。察识的形成涉及到显性知识与隐性知识的集成与融合。如何能达到这样的水平和境界去进行创新，需要深入学习研究。我国传统哲学在这方面有丰富的遗产，有待我们去挖掘，吸取其中有用的部分，与当代科学技术相结合，以丰富有关知识和创新的理念和方法。

6 知识工程项目的开发

知识系统的工作有的表现为组织的经常作业，有的则是作为项目来进行的。为了适应日新月异的环境变化，总是需要经常进行知识创新，有关知识创新与新知识的应用项目将会越来越多，因此有必要研究知识系统项目的开发。

按照一般项目的开发思路，知识管理项目开发大体上分为以下5个阶段：

1）战略规划阶段。从组织的总体战略出发，研究制定相应的知识战略。结合组织的愿景、使命、目标和战略措施，确定对知识系统的要求，从而制定知识系统的任务和目标，对照当前情况，找出差距，确定战略措施。

2）系统规划设计阶段。进行知识运作与知识管理流程规划，确定组织架构，明确系统与各部分的功能，对人际关系系统与技术系统进行设计。

3）项目实施阶段。采取组织措施，组织相应的团队与人员；采取技术措施，准备工具，实现所规划、设计的系统，或者改造原来的系统。

4）项目的验收、评估阶段。确定验收与评估指标，收集并分析有关数据，做出验收与评估结论，提出改进意见。

5）项目运行的监控与改进阶段。跟踪项目的运行，随时改进。

由于项目的一次性特点，常常是项目进行完了，队伍与人员就解散，这样很容易把已经取得的经验散失掉。所以从知识管理的角度来看，特别应该注意总结经验，收集并保存有关的知识资产。编码的知识容易收集保存，意会性知识的收集较难，实际上这类知识的发现都很困难，唯一的办法就是留心在项目进程中发现哪些人掌握这类知识和技术，建立一个专家库，以备日后查找。

7　结语

为了迎接知识经济的到来，对于知识管理与创新的研究是当前管理学科的重点之一。我们通过建立知识系统工程学科来研究和实现知识的有效应用和创新，希望通过学科的交叉与融合推动知识学科的建立和应用。几年来我们按照这一思路建立了学科的构架，研究了有关的理念、方法和工具，开发了一批知识管理系统。为了迎接未来的挑战，还有大量工作要做，这方面的工作任重而道远。

在运用钱学森教授的系统科学与思维科学思想的过程中，深刻领会到他的科学技术与哲学思想的博大精深。今后我们更要通过具体工作深入学习和实践，在实现中华民族伟大复兴的科学技术研究道路上不断地前进。

参考文献

[1] Steward T. Intellectual Capital [M]. New York: Doubleday/Currency, 1997

[2] 涂元季. 人民科学家钱学森[M]. 上海:上海交通大学出版社,2002

[3] 钱学森主编. 关于思维科学[M]. 上海:上海人民出版社,1986

[4] Wang Z T. Knowledge systems engineering: A new discipline of knowledge management [A] Proceedings International Symposium on Knowledge and Systems Sciences: Challenge to Complexity[C]. Ishikawa, Japan: Japan Advanced Institute of Science and Technology Press, 2000. 90 ~ 96

[5] 王众托. 知识系统工程[A]. 许国志，等主编:系统科学与工程研究[M]. 上海:上海科技教育出版社，2000. 358 ~ 380

[6] 王众托. 系统工程引论(第三版)[M]. 北京:电子工业出版社,2006

[7] 王众托. 知识系统工程 [M]. 北京:科学出版社，2003

[8] Nonaka I, Teece D, (Eds). Managing Industrial Knowledge [M]. London, England: Sage Publication Ltd, 2001

[9] Cook S, Brown J. Bridging epistemologies: The generative dance between organizational knowledge and organizational knowing [J]. Organizational Science, 1999, (4): 381 ~ 400

[10] Wang Z T. Systems intuition: Oriental systems thinking style [J]. Journal of Systems Science and Systems Engineering, 2003, (12): 129 ~ 137

[11] 景海峰编. 熊十力选集[M]. 长春:吉林人民出版社,2005

[12] 丁为祥. 熊十力学术思想评传[M]. 北京:北京图书馆出版社,1999

Establishing a New Discipline: Knowledge Systems Engineering

Wang Zhongtuo

(*Dalian University of Technology*, *Dalian*, *Liaoning*　116085, *China*)

[**Abstract**]　In this paper, the establishment of a new discipline, knowledge systems engineering, and the mission and contents of this new discipline are described. The architectures of the knowledge systems are suggested and the working processes are analyzed. Some new concepts about the creation of new knowledge are put forward.

[**Key words**]　knowledge management; systems engineering; knowledge systems engineering; innovation; knowledge integration