

钱学森系统科学思想和系统科学体系

于景元

DOI: 10.3773/j.issn.1006-4885.2014.12.002
中图分类号: N94 文献标识码: A 文章编号: 1002-9753(2014)12-0002-21

系统科学是现代科学技术体系中一个新兴的科学技术部门,并在迅速发展之中,而且越来越显示出其强大生命力。

钱学森是我国系统科学的开创者和奠基人。钱老虽然离开了我们,但他的科学创新精神却依然活在人们心中,特别是钱学森科学思想和科学成就是留给我们的宝贵财富,我们应认真学习和研究。钱学森的一生是科学的一生、创新的一生和辉煌的一生。在长达 70 多年丰富多彩的科学生涯中,钱学森建树了许多科学丰碑,对现代科学技术发展和我国社会主义现代化建设作出了巨大贡献。

钱老对我国火箭、导弹和航天事业的开创性贡献,是众所周知的,人们称他为“中国航天之父”。但从钱学森的全部科学成就和贡献来看,这只是其中一部分。钱老的研究领域非常广泛,从工程、技术、科学直到哲学的不同层次上,在跨学科、跨领域和跨层次的研究中,特别是不同学科、不同领域、不同层次的相互交叉、结合与融合的综合集成研究方面,都作出了许多开创性贡献。这些方面的科学成就与贡献,从现代科学技术发展趋势来看,其意义和影响可能更大也更深远。钱学森的系统科学成就与贡献就是其中的重要方面。

作者简介: 于景元(1937-),黑龙江肇东人,中国航天系统科学与工程研究院研究员、博士生导师,中国系统工程学会副理事长、中国社会经济系统分析研究会副理事长,研究方向:系统工程。

从现代科学技术发展特点来看,下述几个主要方面都与系统科学密切相关:

(1) 现代科学技术发展呈现出既高度分化又高度综合的两种明显趋势。一方面已有的学科和领域越分越细,新学科新领域不断产生;另一方面是不同学科、不同领域相互交叉、结合与融合,向综合集成的整体化方向发展,这两者是相辅相成、相互促进的。系统科学就是这后一发展趋势上的科学技术。

(2) 复杂性科学的兴起引起国内外的高度重视。上个世纪 80 年代中,国外出现了复杂性研究。复杂性研究和复杂性科学是处在高度综合这个趋势上,与系统科学有着密切的关系。复杂性研究和复杂科学的开创者之一 Gell-mann 在他所著的《夸克与美洲豹》一书中,曾写道“研究已表明,物理学、生物学、行为科学,甚至艺术与人类学,都可以用一种新的途径把它们联系在一起,有些事实和想法初看起来彼此风牛马不相及,但新的方法却很容易使它们发生关联”。这里,Gell-mann 并没有说明这个新途径和新方法是什么,但从他们后来关于复杂系统和复杂适应系统的研究中可以看出,这个新途径就是系统途径,这个新方法就是系统方法。

(3) 科学方法论的发展。从近代科学到现代科学的发展过程中,科学方法论经历了:从还原论方法到整体论方法再到系统论方法。系统论方法的产生与系统科学的出现和发展紧密相关。

(4) 以计算机、网络和通信为核心的现代信息技术革命,改变了人类思维方式,出现了人、机结合以人为主的思维方式,这种思维方式比人脑思维具有更强的思维能力和创造性,人类更加聪明了,有能力去认识和处理更加复杂的事物。这种思维方式也为系统论方法提供了理论基础和技术基础。

(5) 创新方式的转变。由以个体为主向以群体为主的创新方式转变,出现了创新体系,特别是国家创新体系已成为创新驱动发展的强大动力。

(6) 现代社会实践越来越复杂,越复杂的社会实践其综合性和系统性就越强,因而也就更加需要系统科学和系统工程。

钱学森系统科学思想和系统科学体系集中地体现出以上这些特点。

1 钱学森系统科学思想和系统科学体系的形成与发展

系统科学思想贯穿于钱学森的整个科学历程中。钱老在美国学习和工作了 20 多年(1935 年—1955 年),主要从事自然科学技术研究,特别是在应用力学、喷气推进以及火箭与导弹研究方面,取得了举世瞩目的成就,同时还创建了“物理力学”和“工程控制论”,成为国际上著名科学家。需要强调指出的是,工程控制论已跨出了自然科学领域而属于钱老后来所建立的系统科学体系,并为创建系统科学体系提供了理论基础。

自然科学是从物质、物质结构和物质在时空中运动的角度来研究客观世界的。但

工程控制论要研究的并不是物质运动本身,而是研究代表物质运动的事物之间关系,研究这种关系的系统性质以及如何控制系统使其具有我们期望的功能。因此,系统和系统控制是工程控制论所要研究的基本问题。

钱老创建工程控制论这个事实表明,在这个时期,钱老已开始进行跨学科、跨领域的研究并取得重要成就。《工程控制论》一书的出版(1954年英文版 Engineering Cybernetics),在国际学术界引起了强烈反响,立即被译成多种文字出版发行(俄、德、法、中)。工程控制论所体现的系统科学思想、理论方法与应用,直到今天仍然深刻地影响着系统科学、控制科学、管理科学等有关学科的发展。

1955年钱老回到了祖国,从这时起他的主要精力集中在开创我国火箭、导弹和航天事业上。在周恩来、聂荣臻等老一辈无产阶级革命家的直接领导下,钱老的科学才能和智慧得以充分发挥,并和广大科技人员一起,在当时十分艰难的条件下,研制出我国自己的导弹和卫星来,创造出国内外公认的奇迹。

以导弹、卫星等航天科技为代表的大规模科学技术工程,如何把成千上万人组织起来,并以较少的投入在较短的时间内,研制出高质量、高可靠的型号产品来,这就需要有一套科学的组织管理方法与技术。当时,这是一个十分突出的问题。钱老在开创我国航天事业过程中,同时也开创了一套既有普遍科学意义、又有中国特色的系统工程管理方法与技术。当时,在研制体制上是研究、规划、设计、试制、生产和实验一体化;在组织管理上是总体设计部和两条指挥线的系统工程管理方式。实践已证明了这套组织管理方法是十分有效的。从今天来看,就是在当时条件下,把科技创新、组织管理创新与体制机制创新有机结合起来,实现了综合集成创新,从而走出了一条发展我国航天事业的自主创新和协同创新道路。我国航天事业一直在持续发展,其根本原因就在于自主创新和协同创新。

航天系统工程的成功实践,证明了系统工程技术的科学性和有效性,中国航天事业的成功也是系统工程的胜利,它不仅适用于自然工程,其原理也同样适用于社会工程,从而开创了大规模工程实践的系统管理范例,对其它大规模工程实践也是适用的。系统工程的应用也是钱老对管理科学与工程的重大贡献。航天系统工程的实践为钱老建立系统科学体系奠定了实践基础。

20世纪80年代初,钱老从科研一线领导岗位上退下来以后,就把全部精力投入到学术研究之中。这一时期,钱老学术思想之活跃,涉猎领域之广泛,原始创新性之强,在学术界是十分罕见的。在这个阶段上,钱老花费心血最多、也最有代表性的是建立系统科学体系和创建系统学的工作。在创建系统学过程中,提出了开放的复杂巨系统及其方法论,由此又开创了复杂巨系统科学与技术这一新的科学领域,并把系统科

学体系推向了复杂巨系统科学体系。这些成就标志着钱学森系统科学思想和系统方法有了新的发展,达到了新的高度,进入了新的阶段。特别是钱学森综合集成思想与综合集成方法,已贯穿于工程、技术、科学直到哲学的不同层次上,形成了综合集成体系。综合集成思想与综合集成方法的形成与提出,是一场科学思想和科学方法上的革命,其意义和影响将是广泛而深远的。就现实而言,也有着极为重要的科学价值和实践意义。

钱学森指出,系统科学的出现是一场科学革命。科学革命是人类认识客观世界的飞跃,究竟系统科学是研究什么的学问,又为什么如此重要?

从辩证唯物主义观点来看,客观世界的事物是普遍联系的,正如马克思所说“世界是普遍联系的整体,任何事物内部各要素之间及事物之间都存在着相互影响、相互作用和相互制约的关系”。既然客观事物是普遍联系的整体,那就一定有其客观规律,我们也就应该研究、认识和运用这些规律。

能够反映和概括客观事物普遍联系这个事实与特征最基本和最重要的概念就是系统。所谓系统是指由一些相互联系、相互作用、相互影响的组成部分构成并具有某些功能的整体。这样定义的系统在客观世界是普遍存在的。客观世界包括自然、社会和人自身。马克思这里所说的客观世界是普遍联系的整体思想就是辩证唯物主义系统思想。

正是从系统思想出发并结合现代科学技术的发展,钱学森提出,系统科学是从事物的整体与部分、局部与全局以及层次关系的角度来研究客观世界的,也就是从系统角度来研究客观世界。

系统是系统科学研究和应用的基本对象。系统科学和自然科学、社会科学等不同,但有深刻的内在联系。系统科学能把自然科学、社会科学等领域研究的问题联系起来作为系统进行综合性、整体性研究。这就是为什么系统科学具有交叉性、综合性和整体性的原因。也正是这些特点,使系统科学处在现代科学技术发展的综合集成的整体化方向上,已成为现代科学技术体系中一个新兴的科学技术部门,并将成为一门21世纪的科学。

系统结构、系统环境和系统功能是系统的三个重要基本概念。系统结构是指系统内部,系统环境是指系统外部。系统的一个最重要的特点,就是系统在整体上具有其组成部分所没有的性质,这就是系统的整体性。系统整体性的外在表现就是系统功能。系统的这个性质意味着,对系统组成部分都认识了,并不等于认识了系统整体,系统整体性不是它组成部分性质的简单“拼盘”,而是系统整体涌现的结果。系统研究表明,系统结构和系统环境以及它们之间关联关系,决定了系统的整体性和功能,这是

一条非常重要的系统规律。

从理论上来看,研究系统结构与环境如何决定系统整体性和功能,揭示系统存在、演化、协同、控制与发展的一般规律,就成为系统学,特别是复杂巨系统学的基本任务。国外关于复杂性的研究,正如钱老指出的,是开放的复杂巨系统动力学问题,实际上也属于系统理论方面的探索。

另一方面,从应用角度来看,根据上述系统原理,为了使系统具有我们期望的功能,特别是最好的功能,我们可以通过改变和调整系统结构或系统环境以及它们之间关联关系来实现。但系统环境并不是我们想改变就能改变的,在不能改变的情况下,只能主动去适应。而系统结构却是我们能够改变、调整、设计和组织的。这样,我们便可以通过改变、调整系统组成部分或组成部分之间、层次结构之间以及与系统环境之间的关联关系,使它们相互协调与协同,从而在系统整体上涌现出我们满意的和最好的功能,这就是系统组织管理、系统控制和系统干预(Intervention)的基本内涵,是管理科学、控制科学等要研究的主要问题,也是系统工程、控制工程等所要实现的主要目标。

科学是认识世界的学问,技术是改造世界的学问,而工程是改造客观世界的实践。从这个角度来看,系统科学和自然科学等类似,也有三个层次的知识结构。即工程技术(应用技术)、技术科学(应用科学)和基础科学。在钱学森建立的系统科学体系中,包括:

- (1) 处在工程技术或应用技术层次上的是系统工程,这是直接用来改造客观世界的工程技术,但和其他工程技术不同,它是组织管理系统的技术;
- (2) 处在技术科学层次上直接为系统工程提供理论方法的有运筹学、控制论、信息论等;
- (3) 处在基础科学层次上属于基础理论的便是系统学和复杂巨系统学。

目前国外还没有这样一个清晰的系统科学体系结构。这样三个层次结构的系统科学体系经过系统论通向辩证唯物主义哲学。系统论属于哲学层次,是连接系统科学与辩证唯物主义哲学的桥梁。一方面,辩证唯物主义通过系统论去指导系统科学的研究,另一方面,系统科学的发展经系统论的提炼又丰富和发展了辩证唯物主义。

关于系统论,钱老曾明确指出,我们所提倡的系统论,既不是整体论,也非还原论,而是整体论与还原论的辩证统一。钱老关于系统论的这个思想后来发展成为他的综合集成思想,这也充分显示出钱学森的辩证唯物主义哲学智慧。根据这个思想,钱老又提出了将还原论方法与整体论方法辩证统一起来的系统论方法。系统科学体系体现了钱学森系统科学思想。

综上所述,客观事物普遍联系及其整体性思想就是系统思想,系统思想是辩证唯物主义哲学内容,系统科学体系的建立就使系统思想从一种哲学思维发展成为系统的科学体系,系统科学体系是系统科学思想在工程、技术、科学直到哲学不同层次上的体现。这就使系统思想建立在科学基础上,把哲学和科学统一起来了。系统科学思想是钱老对辩证唯物主义系统思想的重要发展和丰富。

2 从系统科学到复杂巨系统科学

在系统科学体系中,系统工程已应用到实践中并取得显著成就,如航天系统工程。技术科学层次上的运筹学、控制论、信息论等也有了各自理论方法并处在发展之中。但系统学和复杂巨系统学却是需要建立的新兴学科,这也是钱老最先提出来的。

20世纪80年代中,钱老以“系统学讨论班”的方式开始了创建系统学的工作。从1986年到1992年的7年时间里,钱老参加了讨论班的全部学术活动。在讨论班上,钱老根据系统结构的复杂性提出了系统新的分类,将系统分为简单系统、简单巨系统、复杂巨系统和特殊复杂巨系统。如生物体系统、人体系统、人脑系统、地理系统、社会系统、星系系统等都是复杂巨系统。其中社会系统是最复杂的系统了,又称作特殊复杂巨系统。这些系统又都是开放的,与外部环境有物质、能量和信息的交换,所以又称作开放的复杂巨系统。

在讨论班的基础上,钱老明确界定系统学是研究系统结构与功能(系统演化、协同与控制)一般规律的科学。形成了以简单系统、简单巨系统、复杂巨系统和特殊复杂巨系统(社会系统)为主线的系统学基本框架,构成了系统学的主要内容,奠定了系统学的科学基础,指明了系统学的研究方向。

对于简单系统和简单巨系统都已有了相应的方法论和方法,也有了相应的理论并在继续发展之中,但对复杂巨系统和社会系统却不是已有方法论和方法所能处理的,需要有新的方法论和方法。所以,关于复杂巨系统的理论研究,钱老又称作复杂巨系统学。

从近代科学到现代科学的发展过程中,自然科学采用了从定性到定量的研究方法,所以自然科学被称为“精密科学”。而社会科学、人文科学等由于研究问题的复杂性,通常采用的是从定性到定性的思辨、描述方法,所以这些学问被称为“描述科学”。当然,这种趋势随着科学技术的发展也在变化,有些学科逐渐向精密化方向发展,如经济学、社会学等。

从方法论角度来看,在这个发展过程中,还原论方法发挥了重要作用,特别在自然科学领域中取得了很大成功。还原论方法是把所研究的对象分解成部分,以为部分研究清楚了,整体也就清楚了。如果部分还研究不清楚,再继续分解下去进行研究,直到

弄清楚为止。按照这个方法论,物理学对物质结构的研究已经到了夸克层次,生物学对生命的研究也到了基因层次。毫无疑问这是现代科学技术发展的巨大成就。

但现实的情况却使我们看到,认识了基本粒子还不能解释大物质构造,知道了基因也回答不了生命是什么。这些事实使科学家认识到“还原论不足之处正日益明显”。这就是说,还原论方法由整体往下分解,研究得越来越细,这是它的优势方面,但由下往上回不来,回答不了高层次和整体问题,又是它的不足一面。所以仅靠还原论方法还不够,还要解决由下往上的问题,也就是复杂性研究中的所谓涌现问题。

著名物理学家李政道对于21世纪物理学的发展曾讲过“我猜想21世纪的方向要整体统一,微观的基本粒子要和宏观的真空构造、大型量子态结合起来,这些很可能是21世纪的研究目标”。这里所说的把宏观和微观结合起来,就是要研究微观如何决定宏观,解决由下往上的问题,打通从微观到宏观的通路,把宏观和微观统一起来。

同样道理,还原论方法也处理不了系统整体性问题,特别是复杂系统和复杂巨系统(包括社会系统)的整体性问题。从系统角度来看,把系统分解为部分,单独研究一个部分,就把这个部分和其他部分的关联关系切断了。这样,就是把每个部分都研究清楚了,也回答不了系统整体性问题。

意识到这一点更早的科学家是彼塔朗菲,他是一位分子生物学家,当生物学研究已经发展到分子生物学时,用他的话来说,对生物在分子层次上了解得越多,对生物整体反而认识得越模糊。在这种情况下,于20世纪40年代他提出了一般系统论,实际上是整体论方法,强调还是从生物体系统的整体上来研究问题。但限于当时的科学技术水平,支撑整体论方法的具体方法体系没有发展起来,还是从整体论整体、从定性到定性,论来论去解决不了问题。正如钱老所指出的,“几十年来一般系统论基本上处于概念的阐发阶段,具体理论和定量结果还很少”。但整体论方法的提出,确是对现代科学技术发展的重要贡献。

20世纪80年代中期,国外出现了复杂性研究。关于复杂性问题,钱老指出“凡现在不能用还原论方法处理的,或不宜用还原论方法处理的问题,而要用或宜用新的科学方法处理的问题,都是复杂性问题,复杂巨系统就是这类问题”。系统整体性,特别是复杂系统和复杂巨系统(包括社会系统)的整体性问题就是复杂性问题。所以对复杂性研究,国外科学家后来也“采用了一个‘复杂系统’的词,代表那些对组成部分的理解不能解释其全部性质的系统。”

国外关于复杂性和复杂系统的研究,在研究方法上确实有许多创新之处,如他们提出的遗传算法、演化算法、开发的Swarm软件平台、基于Agent的系统建模、用Agent描述的人工生命、人工社会等。在方法论上,虽然也意识到了还原论方法的局限性,但

并没有提出新的方法论。方法论和方法是两个不同层次的问题。

方法论是关于研究问题所应遵循的途径和研究路线,在方法论指导下是具体方法问题。如果方法论不对,再好的方法也解决不了根本性问题。所以方法论更为基础也更为重要。

如前所述,20世纪80年代初,钱学森明确指出系统论是整体论与还原论的辩证统一。根据这个思想,钱老又提出将还原论方法与整体论方法辩证统一起来,形成了系统论方法。在应用系统论方法时,也要从系统整体出发将系统进行分解,在分解后研究的基础上,再综合集成到系统整体,实现系统的整体涌现,最终是从整体上研究和解决问题。

由此可见,系统论方法吸收了还原论方法和整体论方法各自的长处,同时也弥补了各自的局限性,既超越了还原论方法,又发展了整体论方法。这是钱学森在科学方法论上具有里程碑意义的贡献,它不仅大大促进了系统科学的发展,同时也必将对自然科学、社会科学等其它科学技术部门产生深刻的影响。

20世纪80年代末到90年代初,结合现代信息技术的发展,钱学森又先后提出“从定性到定量综合集成方法”(Meta-synthesis)及其实践形式“从定性到定量综合集成研讨厅体系”(以下将两者合称为综合集成方法),并将运用这套方法的集体称为总体设计部。这就将系统论方法具体化了,形成了一套可以操作且行之有效的方法体系和实践方式。从方法和技术层次上看,它是人·机结合、人·网结合以人为主要的信息、知识和智慧的综合集成技术。从应用和运用层次上看,是以总体设计部为实体进行的综合集成工程。

综合集成方法的实质是把专家体系、数据、信息与知识体系以及计算机体系有机结合起来,构成一个高度智能化的人·机结合与融合体系,这个体系具有综合优势、整体优势和智能优势。它能把人的思维、思维的成果、人的经验、知识、智慧以及各种情报、资料和信息统统集成起来,从多方面的定性认识上升到定量认识。

钱老提出的人·机结合以人为主要的思维方式是综合集成方法的理论基础。从思维科学角度来看,人脑和计算机都能有效处理信息,但两者有极大差别。关于人脑思维,钱老指出“逻辑思维,微观法;形象思维,宏观法;创造思维,宏观与微观相结合。创造思维才是智慧的源泉,逻辑思维和形象思维都是手段”。

今天的计算机在逻辑思维方面确实能做很多事情,甚至比人脑做得还好还快,善于信息的精确处理,已有许多科学成就证明了这一点,如著名数学家吴文俊的定理机器证明。但在形象思维方面,现在的计算机还不能给我们以很大的帮助。至于创造思维就只能依靠人脑了。然而计算机在逻辑思维方面毕竟有其优势。如果把

人脑和计算机结合起来以人为主的思维方式 ,那就更有优势 ,思维能力更强 ,人将变得更加聪明 ,它的智能和创造性比人要高 ,比机器就更高 ,这也是 $1 + 1 > 2$ 的系统原理(见图 1)。

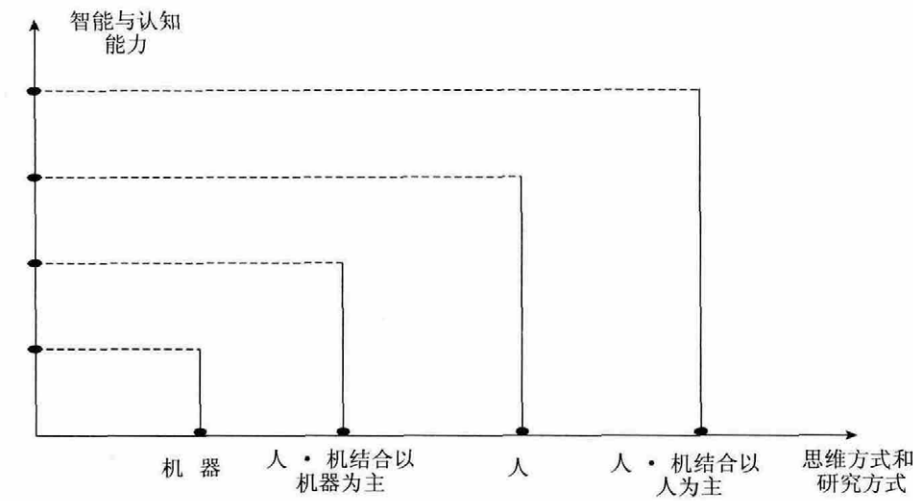


图 1 思维方式和研究方式与认知能力的关系

从图 1 可以看出 ,人-机结合以人为主的思维方式 ,它的智能和认知能力处在最高端。这种聪明人的出现 ,预示着将出现一个“新人类” ,不只是人 ,是人-机结合的新人类。

信息、知识和智慧是三个不同层次的问题。有了信息未必有知识 ,有了信息和知识也未必就有智慧。信息的综合集成可以获得知识 ,信息和知识的综合集成可以获得智慧。人类有史以来是通过人脑获得知识和智慧的。现在由于以计算机为主的现代信息技术的发展 ,我们可以通过人·机结合以人为主的方法来获得信息、知识和智慧 ,而且比人脑还有优势 ,这是人类发展史上具有重大意义的进步。

综合集成方法就是这种人·机结合以人为主获得信息、知识和智慧的方法 ,它是人·机结合的信息处理系统、也是人·机结合的知识创新系统、还是人·机结合的智慧集成系统。

按照我国传统文化有“集大成”的说法 ,即把一个非常复杂的事物的各个方面综合集成起来 ,达到对整体的认识 ,集大成得智慧 ,所以钱老又把这套方法称为“大成智慧工程”。将大成智慧工程进一步发展 ,在理论上提炼成一门学问 ,就是大成智慧学。

从实践论和认识论角度来看 ,与所有科学研究一样 ,无论是复杂系统和复杂巨系统(包括社会系统)的理论研究还是应用研究 ,通常是在已有的科学理论、经验知识基础上与专家判断力(专家的知识、智慧和创造力)相结合 ,对所研究的问题提出和形成经验性假设 ,如猜想、判断、思路、对策、方案等等。这种经验性假设一般是定性的 ,它

所以是经验性假设,是因为其正确与否,能否成立还没有用严谨的科学方式加以证明。在自然科学和数学科学中,这类经验性假设是用严密逻辑推理和各种实验手段来证明的,这一过程体现了从定性到定量的研究特点。但对复杂系统和复杂巨系统(包括社会系统)由于其跨学科、跨领域、跨层次的特点,对所研究的问题能提出经验性假设,通常不是一个专家,甚至也不是一个领域的专家们所能提出来的,而是由不同领域、不同学科的专家构成的专家体系,依靠专家群体的知识和智慧,对所研究的复杂系统和复杂巨系统(包括社会系统)问题提出经验性假设。但要证明其正确与否,仅靠自然科学和数学中所用的各种方法就显得力所不及了。如社会系统、地理系统中的问题,既不是单纯的逻辑推理,也不能进行实验。但我们对经验性假设又不能只停留在思辨和从定性到定量的描述上,这是社会科学、人文科学中常用的方法。

系统科学是要走“精密科学”之路的,那么出路在哪里?这个出路就是人·机结合以人为主的思维方式和研究方式。采用“机帮人、人帮机”的合作方式,机器能做的尽量由机器去完成,极大扩展人脑逻辑思维处理信息的能力。通过人·机结合以人为为主,实现信息、知识和智慧的综合集成。这里包括了不同学科、不同领域的科学理论和经验知识、定性和定量知识、理性和感性知识,通过人·机交互、反复比较、逐次逼近,实现从定性到定量的认识,从而对经验性假设正确与否做出科学结论。无论是肯定还是否定了经验性假设,都是认识上的进步,然后再提出新的经验性假设,继续进行定量研究,这是一个循环往复、不断深化的研究过程。

综合集成方法的运用是专家体系的合作以及专家体系与机器体系合作的研究方式与工作方式。具体来说,是通过定性综合集成到定性、定量相结合综合集成再到从定性到定量综合集成这样三个步骤来实现的。这个过程不是截然分开,而是循环往复、逐次逼近的。

复杂系统与复杂巨系统(包括社会系统)问题,通常是非结构化问题,现在的计算机只能处理结构化问题。通过上述综合集成过程可以看出,在逐次逼近过程中,综合集成方法实际上是用结构化序列去逼近非结构化问题。图2是综合集成方法用于决策支持问题研究的示意图。

这套方法是处理复杂系统和复杂巨系统(包括社会系统)的有效方法,已有成功的案例证明了它的科学性和有效性。综合集成方法的理论基础是思维科学,方法基础是系统科学与数学科学,技术基础是以计算机为主的现代信息技术和网络技术,哲学基础是辩证唯物主义的实践论和认识论。

从方法论和方法特点来看,综合集成方法本质上是用来处理跨学科、跨领域和跨层次问题研究的方法论和方法,它必将对系统科学体系不同层次产生重要影响,从而

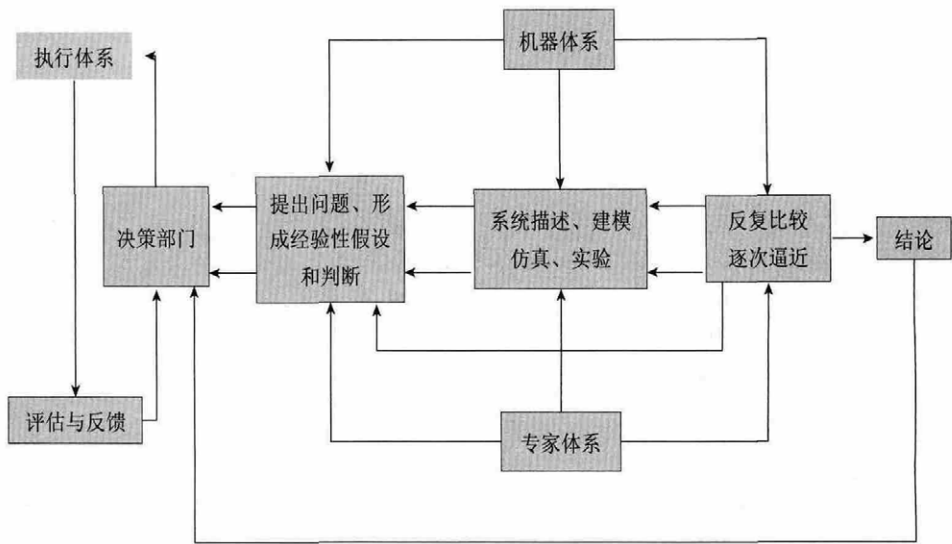


图2 综合集成方法用于决策支持问题研究示意图

推动了系统科学的整体发展。

20 世纪 90 年代中,钱老提出开创复杂巨系统的科学与技术。运用综合集成方法,在科学层次上可以建立起复杂巨系统论。这就是综合集成的系统理论,它属于复杂巨系统学的内容。虽然这个一般理论目前尚未完全形成,但有了研究这类系统的方法论与方法,就可以逐步建立起这个一般理论来,这是一个科学新领域。

另一方面,运用综合集成方法在应用层次上可以发展复杂巨系统技术,也就是综合集成的系统技术。特别是复杂巨系统的组织管理技术,大大地推动了系统工程的发展。系统工程是组织管理系统的技术,是组织管理系统规划、研究、设计、实现、试验和使用的技术和方法。它的应用首先是从工程系统开始的,如航天系统工程。但当我们用工程系统工程来处理复杂巨系统和社会系统时,处理工程系统方法就暴露出了它的局限性,它难以用来处理复杂巨系统和社会系统的组织管理问题。在这种情况下,系统工程方法也要发展。由于有了综合集成方法,系统工程可以用来组织管理复杂巨系统和社会系统了。这样,系统工程也就从工程系统工程发展到了复杂巨系统工程和社会系统工程阶段,是现在就可以应用的组织管理复杂巨系统和社会系统的系统工程技术。由于实际系统不同,将系统工程用到哪类系统上,还要用到与这个系统有关的科学理论、方法与技术。例如,用到社会系统上,就需要社会科学与人文科学等方面的知识。从这些特点来看,系统工程不同于其它技术,它是一类综合性的整体技术、一种综合集成的系统技术、一门整体优化的定量技术。它体现了从整体上研究和解决系统管理问题的技术方法。

钱老开创复杂巨系统的科学与技术,实际上是由综合集成思想、综合集成方法、综合集成理论、综合集成技术和综合集成工程所构成的综合集成体系,也就是复杂巨系

统科学体系 在哲学层次上就是大成智慧学。这就把系统科学体系大大向前发展了，发展到了复杂巨系统科学体系。

如前所述 现代科学技术的发展一方面呈现出高度分化的趋势; 另一方面又呈现出高度综合的趋势。系统科学和复杂巨系统科学就是这后一发展趋势中最具有基础性和应用性的学问 ,它对现代科学技术发展 ,特别对现代科学技术向综合集成的整体化方向发展 必将产生重大影响 ,是人类宝贵的知识财富和思想财富 ,这是钱学森对现代科学技术发展的重大贡献 ,

3 人类认识世界和改造世界的知识体系

钱老不仅从系统思想出发建立了系统科学体系 ,而且运用系统思想和系统论又建立了人类知识体系。人类是通过社会实践来认识客观世界这个体系 ,从而形成了人类知识体系。正是从系统思想出发 ,从整体上去认识和把握人类认识世界和改造世界的知识结构 ,钱学森提出了现代科学技术体系和人类知识体系 ,这是钱老对现代科学技术发展的系统性和整体性贡献。

现代科学技术的发展 ,已经取得了巨大成就。钱老指出 ,今天人类正探索着从渺观、微观、宏观、宇观直到胀观五个层次时空范围的客观世界(图 3) 。其中宏观层次就是我们所在的地球 ,在地球上又出现了生命和生物 ,产生了人类和人类社会。客观世界包括自然的和人工的 ,而人也是客观世界的一部分。客观世界是一个相互联系、相互作用、相互影响的整体 ,因而反映客观世界不同领域、不同层次的科学知识也是相互联系、相互作用、相互影响的。

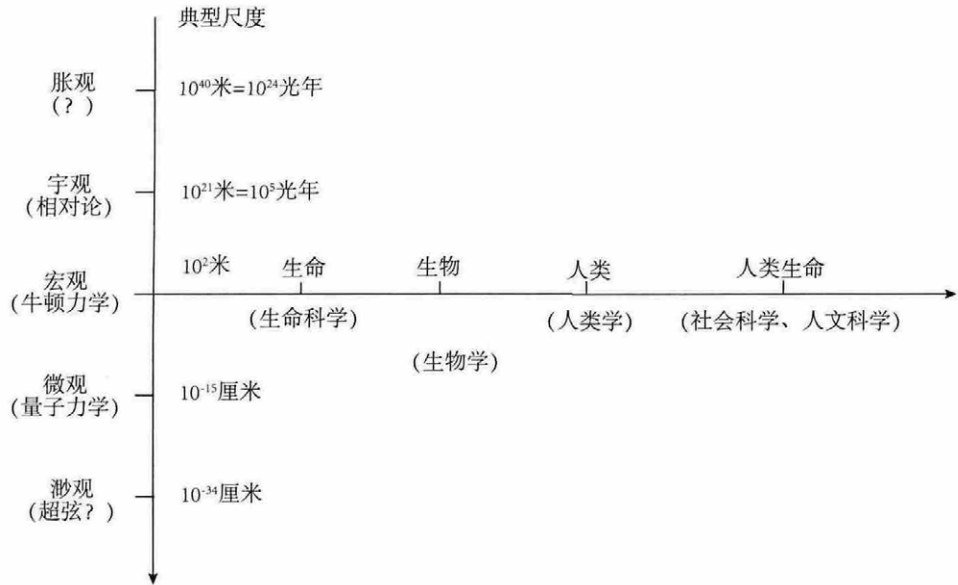


图 3 五个层次时空范围的客观世界

钱学森提出的现代科学技术体系结构,从横向上看有 11 个科学技术部门,从纵向看有三个层次的知识结构(图 4)。这 11 个科学技术部门是自然然学、社会科学、数学科学、系统科学、思维科学、人体科学、地理科学、军事科学、行为科学、建筑科学、文艺理论。这是根据现代科学技术发展到目前水平所作的划分。随着科学技术发展,今后还会产生新的科学技术部门,所以这个体系是动态发展系统。

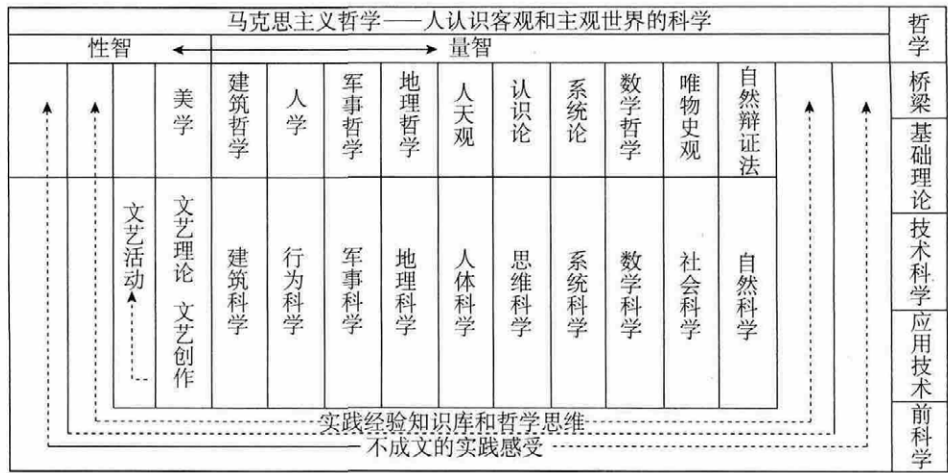


图 4 现代科学技术体系结构

钱老指出,科学技术部门的划分不是研究对象的不同,研究对象都是整个客观世界,而是研究客观世界的着眼点、研究问题的角度不同。如前所述,自然科学是从物质、物质结构和物质在时空中运动的角度来研究客观世界的。社会科学是从意识、人类和人类社会运动以及它和客观世界相互影响这个角度来研究客观世界的;数学科学是从质和量的对立统一、相互转变的角度来研究客观世界的;系统科学是从系统角度来研究客观世界的……等等。

在上述每个科学技术部门里,都包含着认识世界和改造世界的知识。自然科学经过几百年的发展已形成了三个层次的知识结构,这就是直接用来改造世界的工程技术或应用技术;为工程技术直接提供理论方法的是技术科学或应用科学;再往上一个层次就是揭示客观世界规律的基础理论,也就是基础科学。技术科学实际上是从基础理论到工程技术的过渡桥梁,如应用力学、电子学等。这样三个层次的知识结构,对其他科学技术部门也是适用的,如社会科学的应用技术就是社会技术。唯一例外的是文艺,文艺只有理论层次,实践层次上的文艺创作,就不是科学问题,而属于艺术范畴了。

现代科学技术体系所包含的知识只是人类知识的一部分。实际上,我们从实践中所获得的知识远比现代科学技术所包含的科学知识丰富得多。人类从实践中直接获得了大量和丰富的感性知识和经验知识,以至不成文的实践感受。这部分知识的特点

是知道是什么,但还回答不了为什么。所以这部分知识还进入不了现代科学技术体系之中。钱老把这部分知识称作前科学。尽管如此,这部分知识对于我们来说仍然是很有用的和宝贵的,我们也要同样珍惜。

前科学中的感性知识、经验知识,经过研究、提炼可以上升为科学知识,从而可以进入到现代科学技术体系之中,这就发展和深化了科学技术本身。人类不断的社会实践又会继续积累新的经验知识、感性知识,这又丰富了前科学。人类社会实践是永恒的,上述这个演化过程也就不会完结。由此可见,现代科学技术体系不仅是个动态发展系统,也是一个开放的演化系统。

辩证唯物主义是人类对客观世界认识的最高概括,反映了客观世界的普遍规律。它不仅是知识,还是见识,更是智慧,而且是人类智慧的最高结晶。辩证唯物主义也是对科学技术的高度概括,它通过 11 座桥梁与 11 个科学技术部门相联系。相应于前面 11 个科学技术部门,这 11 座桥梁分别是:自然辩证法、历史唯物主义、数学哲学、系统论、认识论、人天观、地理哲学、军事哲学、人学、建筑哲学、美学。这些都属于哲学范畴,是部门哲学。

这就使辩证唯物主义哲学建立在科学基础上,它既可指导科学技术研究,又随着科学技术进步而不断丰富和发展。这就把哲学和科学统一起来了,也把理论和实践统一起来了。

综上所述,从前科学到科学(即现代科学技术体系),再到哲学,这样五个层次的知识结构,就构成了人类的整个知识体系。这是非常宝贵的知识财富和思想财富。

从钱老建立现代科学技术体系和人类知识体系可以看出,钱学森作为一位伟大的科学家和思想家,他的知识结构不仅有学科和领域的深度,又有跨学科、跨领域的广度,还有跨层次的高度。如果把深度、广度和高度看作三维结构的话,那么钱学森就是一位三维科学家。

4 科教兴国 创新立国 人才强国

理论和实践紧密结合是钱老科学研究的一贯特点。在进行系统科学理论研究的同时,钱老运用系统科学思想、理论、方法与技术研究社会问题,提出任一社会或国家是个开放的特殊复杂巨系统,即社会系统。这样来认识社会,一方面是对社会实际的科学概括;另一方面也为应用系统科学去研究和解决社会问题,开辟了一条新的途径和研究方法,并紧密结实际和我国国情。

钱老将社会形态和社会系统结合起来,从整体上研究社会和组织管理问题。社会形态这个概念是马克思最早提出来的,它是一定历史时期社会经济制度、政治制度和思想文化体系的总称,是一定历史阶段上,生产力和生产关系、经济基础和上

层建筑的具体的、历史的统一。社会形态和社会系统结合起来,尽管社会系统很复杂,钱老说“但从宏观角度看,这样复杂的社会系统,其形态,即社会形态最基本的侧面有三个,这就是经济的社会形态、政治的社会形态和意识的社会形态”。社会形态三个侧面是相互联系、相互影响、相互作用的,从而构成了一个社会的有机整体,形成了社会系统结构。从社会发展和进步来看,社会形态三个侧面都处在不断运动和变化之中,而飞跃性变化就是我们通常所说的革命。钱老指出“经济的社会形态的飞跃是产业革命,政治的社会形态的飞跃是政治革命,意识的社会形态的飞跃是文化革命。社会形态的变化、飞跃就是社会革命,但社会革命可由不同侧面引起,而且具有不同性质。产业革命、政治革命和文化革命都是社会革命”。

社会革命是社会系统的状态突变和新功能的涌现,它的动力学机制是什么?经济的社会形态的飞跃是产业革命,那么产业革命又是怎样引起的呢?

钱老指出,是技术革命引起的产业革命,技术革命是人类改造客观世界的飞跃,但改造客观世界又必须先认识客观世界,认识客观世界的飞跃就是科学革命。并进一步指出:科学革命是人类认识客观世界的飞跃,技术革命是人类改造客观世界的飞跃,而科学革命,技术革命又会引起社会整个物质资料生产体系的变革,即产业革命。在今天,科学革命在先,然后导致技术革命,最后出现产业革命。

需要强调的是,这里所说的科学革命不仅有如牛顿力学、相对论、量子力学等自然科学引起的科学革命,也有马克思所创立的历史唯物主义和剩余价值理论的社会科学革命。前已指出,系统科学的出现也是科学革命。同样,技术革命除了历史上已出现过的蒸汽机、电力、核能技术、航天技术等技术革命外,特别是当前以微电子、信息技术为基础,以计算机、网络和通信为核心的信息技术革命。如果说以前历次技术革命都是发生在物质和能量领域的话,那么信息技术革命则发生在信息领域。信息技术革命的影响,无论广度和深度都比历次技术革命的影响更加广泛也更加深刻。

钱老指出,在这次技术革命中,出现了人·机结合,人·网结合的新人类和新社会,新人类更加聪明,新社会更加复杂,这个趋势方兴未艾还在继续发展。这就向我们提出了许多新的问题需要研究,如大数据问题和信息网络安全等问题。钱老还指出,应从复杂巨系统及其方法论角度来研究这类问题。

此外,钱老还预见21世纪将出现两次新的产业革命,即以现代生物技术革命引发的产业革命和以医学与生命科学技术革命引发的产业革命。

钱老还指出“系统工程在组织管理技术和方法上的革命作用,也属于技术革命”,并预见21世纪由于系统科学的发展将引起组织管理的革命。

现代科学技术的发展以及对社会进步的巨大推动作用,不仅证明了马克思说的

“社会劳动生产力,首先是科学的力量”。同时也充分证明了邓小平提出的“科学技术是第一生产力”的科学论断。我国正在实施科教兴国战略,这是落实“科学技术是第一生产力”思想的重大战略举措,对我国现代化建设具有重大意义。

1991年钱老发表了《我们要用现代科学技术建设有中国特色的社会主义》一文,这篇文章充分反映了钱老的科教兴国、创新立国、人才强国的科学思想。需要指出的是,这里的现代科学技术就不仅仅是自然科学技术,而是现代科学技术体系。无论科学技术是第一生产力,还是科教兴国战略,这里的“科”都不应单纯理解成自然科学技术,而应是现代科学技术体系。如果单纯理解成自然科学技术的话,大家知道,前苏联的自然科学技术并不比美国差,有些方面还要超过美国,但结果不但没有兴国反而解体了。

对于我们来说,不仅要充分发挥自然科学技术的重要作用,同时更要充分发挥现代科学技术体系的重大作用,特别是把各个科学技术部门综合集成起来的综合优势和整体力量,正如钱老所说“如果我们掌握了认识世界和改造世界这么大的学问,可以相信,建设社会主义现代化强国的任务再艰巨也能完成。”

我国正在进行国家创新体系建设,以实现创新型国家的宏伟目标。从现代科学技术体系角度来看,国家创新体系不仅包括自然科学技术创新,也应包括社会科学技术等其它科学技术部门的科学技术创新。既有科学层次上的理论创新,也有应用层次上的技术创新,还有实践层次上的工程创新,特别是跨学科、跨领域、跨层次的综合集成创新,更能提高我们认识世界的水平和改造世界的能力。实现这类创新的方法就是综合集成方法。进行这类知识创新的创新主体就是运用综合集成方法的总体设计部。总体设计部对现代科学技术体系不同科学技术部门、不同层次知识的综合集成,便可以进行综合集成的科学创新、技术创新和工程创新。

我国正在实施的国家973计划、863计划、科技支撑计划,特别是重大科技专项需要的就是综合集成创新。但从实际情况来看,还原论的思维方式、研究方式、管理方式等,对这些计划的实施都产生了不同程度的影响。这也充分说明了钱学森系统科学理论方法的重要现实意义。

无论哪类创新,归根到底都是人类创造性劳动的结果,所以人才是关键。晚年的钱学森非常关心我国人才的培养。中央领导同志多次看望钱老,钱老讲的都是人才问题,特别是科技帅才的培养尤为突出。关于科技帅才,钱老指出“所谓科技帅才,就不只是一个方面的专家,他要全面指挥,就必须有广博的知识,而且要能敏锐地看到未来的发展”。关于如何培养帅才,钱老曾提出过具体建议,第一条就是要学习掌握马克思主义哲学。第二条就是要了解整个科学技术,即现代科学技术体系的发展,掌握世

界科学技术发展的新动态。

钱老关于人才培养的许多思想对于实施人才强国战略具有重要意义。而钱老本人是大家公认的帅才,也为我们树立了光辉的学习榜样。

5 系统科学 治国之方

钱学森系统科学思想和系统科学体系,不仅有重要的科学价值,还有重要的实践意义。从实践论观点来看,任何社会实践,特别是复杂的社会实践,都有明确的目的性和组织性,并有高度的综合性、系统性和动态性。社会实践通常包括三个重要组成部分:

- 一是实践对象,就是干什么,它体现了实践的目的性;
- 二是实践主体,是由谁来干和怎么干,它体现了实践的组织性;
- 三是决策主体,它最终要决定干不干和如何干的问题。

从系统科学观点来看,任何一项社会实践,都是一个具体的实践系统,正如钱老所说“任何一种社会活动都会形成一个系统”。实践对象是个系统,实践主体也是系统,且人在其中,把两者结合起来还是个系统。因此,社会实践是系统的实践,也是系统的工程。这样一来,有关社会实践或工程的组织管理与决策问题,也就成为系统的组织管理和决策问题。在这种情况下,系统科学思想、理论方法与技术应用到社会实践或工程的组织管理与决策之中,不仅是自然的,也是必然的。这就是为什么系统工程和系统科学具有广泛的应用性以及系统科学思想指导性的原因。但在现实中,真正从系统角度去考虑和处理社会实践和工程问题并用系统工程去解决问题,还远没有深入到各行各业的实践之中,特别是一些重大工程实践就更为突出。人们在遇到涉及的因素多而又复杂且难于处理的社会实践或工程问题时,往往脱口而出的一句话就是:这是系统工程问题。这句话是对的,其实它包含两层含义:一层含义是从实践或工程角度来看,如上所述,这是系统的实践或系统的工程;另一层含义是从科学技术角度来看,既然是系统的工程或实践,它的组织管理就应该用系统工程技术去处理,因为系统工程就是直接用来组织管理系统的技术。

可惜的是,人们往往只注意到了前者,相对于没有系统观点的实践来说,这也是个进步,但却忽视或不了解要用系统工程技术去解决问题。结果就造成了什么都是系统工程,但又没有用系统工程去解决问题的局面。有些重大工程虽然也凑合过去了,但却付出了不应有的沉重代价。

要把系统工程技术应用到实践中,必须有个运用它的实体部门。我国航天事业的发展就是成功的应用了系统工程技术。航天系统中每种型号都是一个工程系统,对每种型号都有一个总体设计部,这个总体设计部就是应用系统工程技术的实体部门,总

体设计部由熟悉这个工程系统的各方面专业人员组成,并由知识面比较宽广的专家(称为总设计师)负责领导。根据型号系统总体目标要求,总体设计部设计的是型号系统总体方案,是实现整个系统的技术途径和方法。

总体设计部把型号系统作为它所从属更大系统的组成部分进行研制,对它所有技术要求都首先从实现这个更大系统的技术协调来考虑(型号系统的系统环境),总体设计部又把系统作为若干分系统有机结合的整体来设计,对每个分系统的技术要求都首先从实现整个系统技术协调的角度来考虑(型号系统的系统结构),总体设计部对研制中分系统之间的矛盾,分系统与系统之间的矛盾,都首先从总体目标(型号系统的系统功能)的要求来考虑和解决。

运用系统方法并综合集成有关学科的理论与技术,对型号工程系统结构、系统环境与系统功能进行总体分析、总体论证、总体设计、总体协调、总体规划,包括使用计算机和数学为工具的系统建模、仿真、分析、优化、试验与评估,以求得满意的和最好的系统总体方案,并把这样的总体方案提供给决策部门作为决策的科学依据。一旦为决策者所采纳,再由有关部门付诸实施。航天型号总体设计部在实践中已被证明是非常有效的,在我国航天事业发展中,发挥了重要作用。

这个总体设计部所处理的对象还是个工程系统。但在实践中,研制这些工程系统所要投入的人、财、物、信息、知识等也构成一个系统,即研制系统。对这个系统的要求是以较低的成本、在较短的时间内研制出可靠的、高质量的型号系统。对这个研制系统不仅有如何合理和优化配置资源问题,还涉及到体制机制、发展战略、规划计划、政策措施以及决策与管理等问题。这两个系统是紧密相关的,把两者结合起来又构成了一个新的系统。

显然,这个新系统要比工程系统复杂的多,属于社会系统范畴。如果说工程系统主要综合集成自然科学技术的话,那么这个新的系统除了自然科学技术外,还需要社会科学与人文科学等。如何组织管理好这个系统,也需要系统工程,但工程系统工程难以处理这类系统的组织管理问题,而需要的是社会系统工程。

应用社会系统工程也需要有个实体部门,这个部门就是运用综合集成方法的总体设计部,这个总体设计部与航天型号的总体设计部比较起来已有很大的不同,有了实质性的发展,但从整体上研究与解决系统管理问题的系统科学思想还是一致的。总体设计部是运用综合集成方法、应用系统工程技术的实体部门,是实现综合集成工程的核心所在。没有这样的实体部门,应用系统工程技术也只能是一句空话。

1978年,钱学森、许国志、王寿云发表了《组织管理的技术—系统工程》一文,并大力推动系统工程在各个领域的应用,特别是致力于把社会系统工程应用到国家宏观层

次上的组织管理 ,以促进决策科学化、民主化和组织管理现代化。

1991 年 10 月 在国务院、中央军委授予钱学森“国家杰出贡献科学家”荣誉称号仪式上 ,钱老在讲话中说“我认为今天的科学技术不仅仅是自然科学工程技术 ,而是人类认识客观世界、改造客观世界的整个知识体系 ,这个体系的最高概括是马克思主义哲学。我们完全可以建立起一个科学体系 ,而且运用这个体系去解决我们中国社会主义建设中的问题。”

钱老这里所说的科学体系 ,就是前面讲到的现代科学技术体系。现代科学技术体系为国家管理和建设提供了宝贵的知识资源和智慧源泉 ,我们应充分运用和挖掘这些知识和智慧 ,以集大成得智慧。而系统科学中的综合集成方法和大成智慧工程又为我们提供了有效的科学方法和有力的技术手段 ,以实现综合集成 ,大成智慧。这就是钱学森把系统科学特别是复杂巨系统科学和社会系统工程技术运用到国家宏观层次组织管理的科学技术基础。

如前所述 ,钱老在提出经济的社会形态、政治的社会形态和意识的社会形态构成了一个社会有机整体的基础上 ,又从社会发展和文明建设角度进一步提出 ,相应于社会形态三个侧面也有三种文明建设 ,这就是相应于经济的社会形态的经济建设 ,即物质文明建设;相应于政治的社会形态的政治建设 ,即政治文明建设;相应于意识的社会形态的思想和文化建设 ,即精神文明建设。

根据我国实际情况 ,钱老提出了我国社会主义建设的系统结构:

- (1) 社会主义物质文明建设 ,包括科技经济建设和人民体质建设;
- (2) 社会主义政治文明建设 ,包括民主建设、法制建设和政体建设;
- (3) 社会主义精神文明建设 ,包括思想建设和文化建设;
- (4) 社会主义地理建设(生态文明建设) ,包括基础设施建设、环境保护和生态建设。

以上共四大领域九个方面。在九个方面中 ,科技经济建设是基础 ,也是中心。

由于社会形态三个侧面相互关联 ,也就决定了社会主义三个文明建设之间相互关联、相互影响、相互作用。社会系统外部环境即地理系统 ,它和社会系统也是相互关联、相互作用、相互影响的。从系统科学角度来看 ,只有当社会系统内部之间及其外部环境相互协调和协同时 ,才能获得最好的整体功能。这就是说 ,上述三个文明建设以及地理建设(生态文明建设) 之间 ,必须协调发展 ,形成良性循环 ,才能使我国社会主义建设的速度更快、效率更高、效益更好。四大领域建设是一场伟大的改造客观世界的社会实践 ,是一项极其复杂的大规模工程。钱老指出,“我们可以把完成上述组织管理社会主义建设的技術叫做社会工程 ,它是系统工程范围的技術 ,但范围和复杂程

度是一般系统工程所没有的,这不只是大系统而是巨系统,是包括整个社会的系统。”这里所说的社会工程就是社会系统工程。社会系统工程是组织管理社会系统,使四大领域协调发展,以获得长期和最好整体效益的组织管理技术。

为了把社会系统工程应用到国家层次上的组织管理,钱老曾多次提出建立国家总体设计部的建议。1991年3月8日,钱老向当时的中央政治局常委集体,汇报了关于建立国家总体设计部的建议,受到中央领导的高度重视和充分肯定。

2008年1月19日,胡锦涛同志看望钱老时说:上个世纪80年代初,我在中央党校学习时就读过您讲系统工程的报告,给我留下非常深的印象,我到现在还记得,您这个理论强调,在处理复杂问题时,一定要注意从整体上加以把握,统筹考虑各方面因素,理顺它们之间的关系,这很有创见。现在我们强调科学发展,就是注意统筹兼顾,注意全面协调发展。

目前国内还没有这样的研究实体,有的部门有点像,但研究方法还是传统的方法。总体设计部也不同于目前存在的各种专家委员会,它不仅是个常设的研究实体,而且以综合集成方法为其基本研究方法,并用其研究成果为决策机构服务,发挥决策支持作用。

从现代决策体制来看,在决策机构下面不仅有决策执行体系,还有决策支持体系。前者以权力为基础,力求决策和决策执行的高效率和低成本;后者则以科学为基础,力求决策科学化、民主化和程序化。这两个体系无论在结构、功能和作用上,还是体制、机制和运作上都是不同的,但又是相互联系相互协调且两者优势互补,共同为决策机构服务。决策机构则把权力和科学结合起来,变成改造客观世界的力量和行动。

从我国实际情况来看,多数部门是把两者合二而一了。一个部门既要作决策执行又要作决策支持,结果两者都可能做不好,而且还助长了部门利益。如果有了总体设计部和总体设计部体系,建立起一套决策支持体系,那将是我们决策与管理上的体制机制创新和组织管理创新,其意义和影响将是重大而深远的。

一个单位、一个部门甚至一个国家的管理,都是不同类型系统的管理问题。系统管理的首要问题是从整体上去研究和解决问题,这就是钱老一直大力倡导的“要从整体上考虑并解决问题”。只有这样才能统揽全局,把所管理的系统的整体优势发挥出来,收到 $1+1>2$ 的效果,这就是基于系统论的系统管理方式,我国航天事业的发展就是成功的应用了系统管理方式。

但在现实中,从微观、中观直到宏观的不同层次上,都存在着部门分割条块分立,各自为政自行其是,只追求局部最优而置整体于不顾。这里有体制机制问题,也有部门利益问题,还有还原论思维方式的深刻影响。这种基于还原论的分散管理方式,使

得系统的整体优势无法发挥出来,其最好的效果也就是 $1 + 1 = 2$,弄不好还可能是 $1 + 1 < 2$,而后一种情况可能是多数。

综合以上所述,钱学森系统科学思想、系统科学体系特别是复杂巨系统科学体系为国家管理和社会主义建设提供了一套科学思想、理论方法和实践方式。

朱镕基同志曾说,管理科学,兴国之道。那么从以上所述也可以说,系统科学,治国之方。

法国科学家安培在 1845 年发表了《论科学的哲学》一篇长文,曾给关于国务管理的科学取了一个名字——控制论,试图建立一门政治科学,但并没有实现。钱老说:“20 世纪 50 年代,我还没有回到祖国的时候,发现了这篇东西,我和我在学校工作的同事笑话他。他说,政府管理的学问,恐怕不能建立像自然科学那样严密的科学。我那时想,像你们美国政府,那些政客们、官僚们,都是不说真话的,讲的是一套,干的又是一套。你们那些政客都是骗人的。骗人的东西,怎能建立科学呢?科学是老老实实的学问,骗人的科学是没有的。所以,当时我笑他。安培的设想是很高尚的,可惜是空的。但安培的理想在社会主义国家,尤其是在我们社会主义的中国是可以实现的。这是因为我们是讲科学的,是不搞鬼的”。这段话说明了钱老研究和创立社会主义建设科学的一些原始创新思想。钱老关于国家管理和建设的系统科学思想、理论方法与技术以及实践方式,要比安培的理想深刻得多也丰富得多,而且紧密结合我国国情,具有重要的现实意义。

钱学森的系统科学成就与贡献,不仅充分反映出他的科学创新精神,同时也深刻体现出他的科学思想和科学方法。从科学视野来看,钱学森是一位难得的科学帅才、科学大师、科学泰斗和科学领袖,也是一位极富远见的战略科学家。

钱学森的科学成就与贡献,来自他具有坚定的信仰与信念,高尚的情操与品德。钱老曾说,我作为一名中国科技工作者,活着的目的就是为人民服务。钱老的一生就是为此而奋斗的一生。从人民视野来看,钱学森是一位名副其实的人民科学家。

一代宗师,百年难遇。钱学森是中国现代史上一位伟大的科学家和思想家,是中华民族的光荣,也是中国人民的光荣。

钱学森离开了我们,但钱学森科学精神与品德、科学思想与方法、科学成就与贡献是永存的,这是留给我们宝贵的知识财富、思想财富和精神财富。我们应该认真学习和研究,并应用到实践中,以把他所开创的科学事业继承下去并发扬光大!

(本文责编:宁 远)