

钱学森智库思想

Hsue-Shen Tsien's
Think-Tank Ideology

薛惠锋 杨 景 李琳斐 / 著



人 民 出 版 社

Hsue-Shen Tsien's
Think-Tank Ideology

钱学森智库思想

薛惠锋 杨 景 李琳斐 / 著



人 民 出 版 社

责任编辑:余 平

封面设计:林芝玉

责任校对:白 玥

图书在版编目(CIP)数据

钱学森智库思想/薛惠锋,杨景,李琳斐 著. —北京:人民出版社,2016.10

ISBN 978-7-01-016895-1

I. ①钱… II. ①薛…②杨…③李… III. ①钱学森(1911—2009)—系统科学—
思想评论 IV. ①N94

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 247750 号

钱学森智库思想

QIANXUESEN ZHIKU SIXIANG

薛惠锋 杨 景 李琳斐 著

人民出版社 出版发行

(100706 北京市东城区隆福寺街 99 号)

北京中科印刷有限公司印刷 新华书店经销

2016 年 10 月第 1 版 2016 年 10 月北京第 1 次印刷

开本:787 毫米×1092 毫米 1/16 印张:14 插页:2

字数:187 千字

ISBN 978-7-01-016895-1 定价:49.00 元

邮购地址 100706 北京市东城区隆福寺街 99 号

人民东方图书销售中心 电话 (010)65250042 65289539

版权所有·侵权必究

凡购买本社图书,如有印制质量问题,我社负责调换。

服务电话:(010)65250042

序

当前,全国各族人民正在为实现中华民族伟大复兴的中国梦而努力奋斗,但是,前进的道路并不平坦。我国改革已经进入攻坚期和深水区,深层次矛盾凸显,面临着经济下行压力大、贫富分化、城乡与地区发展失衡、环境污染等诸多问题。这些问题由于涉及因素众多、结构关系复杂,必须更加注重改革的系统性、整体性、协同性,越来越迫切地需要运用系统工程的方法来认识和解决。党的十八届三中全会对全面深化改革作出了总部署,提出了经济、政治、文化、社会、生态文明、国防和军队建设以及对外开放等方面的具体改革目标。这就需要我们学习、传承和发扬系统工程的方法,建立以总体设计部为表现形式的国家高端智库——钱学森智库,投身社会主义建设事业,为国家富强和民族复兴作出贡献。

钱学森始终将个人理想与祖国命运相结合,创造了辉煌业绩。面对国家需求,钱学森历经人生五次重大抉择,留美期间曾为世界反法西斯战争作出了重大贡献,归国后开创的中国航天事业伟大成就是中华民族伟大复兴历程中的一座丰碑,他开创的系统工程更是推进了人类的科学技术发展。他跨学科地从铁路工程转到航空工程;跨地域地从中国远渡重洋到美国留学;跨专业地从航空工程转学航空理论;跨领域地进入火箭、导弹、工程控制等尖端新领域,使得他在不断融合、不断转换的过程中,为系统工程的形成夯实了坚实的基础,也为回国后主持我国航天事业奠定了坚实的基础。

中国航天事业为钱学森开创系统工程提供了实践的土壤,正如原航天部 710 所的于景元研究员所说:“钱学森在开创我国航天事业的同时,也开创了一套既有中国特色又有普遍科学意义的系统工程管理方法与技术。”

钱学森把中国人民解放军“大规模兵团作战”的组织管理办法,沿用到国防工程建设上,又将我们党的民主集中制原则运用到研制的全过程中,团结所有可以凝聚起来的力量用在中国航天事业上,最终取得了成功。钱学森意识到,搞国防尖端技术,要指挥如此之大的社会劳动,必须成立一个由很多学科配套、专业齐全、具有丰富研制经验的高技术科技队伍组成的部门,为领导提供技术参谋。这个部门实现了统一领导、两套指挥保障系统相结合的互动灵活高效管理模式,就是现在的航天系统总体设计部的雏形。

1962 年 2 月,经聂荣臻元帅批准,国防部第五研究院科学技术委员会(简称科技委)成立,钱学森任主任委员。科技委的建立,使党政领导耳聪目明,科学民主决策有了有效的途径。科技委这一组织形式也一直沿用至今,不仅国防科技工业系统、部队的科研试验单位,连政府部门和公司企业也逐渐建立了这个机构。

到 20 世纪 70 年代后期,钱学森再次回到学术理论研究当中,在对早期航天事业实践深入总结和提炼的基础上,与许国志、王寿云发表了《组织管理的技术——系统工程》一文,第一次明确给出了系统工程的定义,使系统工程开始在中国快速发展。为进一步发展系统学,在钱学森的亲自倡议和参与下,1986 年起在原航天部 710 所开展“系统学讨论班”(已于 2013 年在中国航天系统科学与工程研究院恢复),开创性地提出了“从定性到定量综合集成方法”及其实现形式“从定性到定量综合集成研讨厅体系”,实现了系统工程由工程系统工程向社会系统工程的跨越。

钱学森深切感受到,我国航天事业之所以能够取得举世瞩目的成就,为国争光,为民争气,总体设计部发挥了重要作用。于是,他在深入研究社会系统的基础上,总结我国导弹、卫星研制中总体设计部极为成功的经验,按

照系统工程的设计原则,于1991年提出建立国家总体设计部的设想,主张运用系统工程方法,综合分析我国社会主义建设的系统结构,即“社会主义政治文明建设,包括民主建设、体制建设和法制建设;社会主义物质文明建设,包括经济建设和人民体质建设;社会主义精神文明建设,包括思想建设和文化建设;社会主义地理建设,包括环境保护、生态建设和基础设施建设”。

我国的社会主义建设是一个开放的复杂巨系统,要以经济建设为中心,又必须使各个方面协调发展,相互配合、相互促进。为此,钱学森提出设置国家总体设计部对国家治理进行顶层设计,受到了当时党和国家领导人的高度重视,并组织专题讨论。在新的历史时期,中央成立全面深化改革领导小组,一项重要职责就是负责改革的总体设计,这也充分证明了钱学森开创的系统工程具有强大的生命力。

值中国共产党建党95周年,中国航天事业建立60周年,钱学森同志诞辰105周年之际,中国航天科技集团第十二院在秉承钱学森创立的系统工程的基础上,经过多年探索、研究和实践,提出用总体设计部思想建设我国高端智库,用钱学森智库为中国“赶超式”发展建言献策,让系统工程思想为“中国号”巨轮保驾护航,这是我国高端智库建设中的一项极有价值的工作,值得庆贺,更值得期待。

高永中^① 钱永刚^②

2016年8月25日

① 现任中央党史研究室副主任。

② 钱学森之子,现任航天十二院决策顾问委员会主任。

序 二

《钱学森智库思想》是一本研究钱学森智库,也可以说是研究钱学森总体设计部思想较为全面的著作,作者的目的是希望钱学森总体设计部思想能够实现,使得钱学森思想和精神得以广泛传播,并在传播的基础上进一步深化、发展,为我国社会建设和国家发展进献绵薄之力。

总体设计部的概念和实践起源于 20 世纪 50 年代后期我国开始发展导弹、原子弹的大规模科学技术研制工作的现代化组织管理。实践已经证明,从这里发展起来的一套方法,不仅是组织管理方法的创新,同时也是组织管理体制的创新。系统工程是组织管理系统的技术,具体来说,系统工程是组织管理系统规划、研究、设计、制造、试验和使用的科学方法,是一种对所有系统都具有普遍意义的科学方法。

20 世纪 70 年代末以来,钱学森一直大力倡导和推动系统工程在我国改革开放和社会主义现代化建设各个领域中的应用。钱学森在用系统观点考察社会时,提出任一社会或国家都是个开放的特殊复杂巨系统,即社会系统。在把系统工程应用到复杂系统、复杂巨系统(包括社会系统)的组织管理时,由于这些系统要比工程系统复杂得多,用处理工程系统的那些方法来处理复杂系统、复杂巨系统问题,显然就不够用了,需要有新的方法,这个方法就是综合集成方法。组织管理复杂系统和复杂巨系统的技术就是复杂系统工程,如社会系统工程。这样一来,系统工程就由工程系统工程发展到了

复杂系统工程,从而使系统工程所能处理的系统越来越复杂,它的应用范围也就越来越广泛了。要把复杂系统工程应用到实践中来,也同样需要一个研究实体,这个实体就是本书的核心——总体设计部,即钱学森智库。

由于晚年的钱学森不写专著,他关于系统科学的思想都是以论文、谈话、书信的方式发表的。因此作者觉得有必要对钱学森总体设计部进行必要的梳理,使他的系统科学思想更加系统化。没有钱学森系统工程思想的奠基,就没有从航天系统工程到社会系统工程事业的迈进,总体设计部的思想也是在这样的基础上形成的,是钱学森系统科学思想的进一步发展。

《钱学森智库思想》的作者之一薛惠锋教授是党委、政府、人大、科研院所所经历近30年的系统工程的研究者和实现者,始终坚持用系统思维,进行跨学科、跨领域、综合集成的理论研究与实践应用。在资源系统工程、信息安全系统工程、环境系统工程、管理系统工程、城市系统工程、人生科学发展系统工程、水资源与水环境系统工程等领域有较深入的见解和贡献,曾撰写了《现代系统工程导论》《系统工程思想史》等多部系统工程领域的学术著作,在社会上引起广泛影响,并得到各方好评。

2016年是钱学森先生诞辰105周年,我个人觉得非常有必要对钱学森先生从系统思想到系统实践的创新进行全面的回顾和梳理,借薛惠锋同志出版此书为契机,作此文以为序。希望帮助大家更好地了解钱学森系统科学思想的来龙去脉,更好地理解总体设计部能够发挥的作用,更深刻的体会钱学森先生为支持社会主义事业建设的用心良苦。

2016年4月24日是首个中国航天日。同时,也是中国航天事业建立60周年。人们很自然会想起中国航天事业的开创者和奠基人——钱学森。而今年又恰好是钱老诞辰105周年,这些都引起我们对钱老的深切回忆和无限怀念。本文对钱老从系统思想到系统实践整个创新过程所取得的成就和贡献作些介绍,以此来纪念这位伟大的科学家和思想家。

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,钱老建树了许多科学丰碑,对现代科学技术的发展和我国社会主义现代化建设,都作出了重大贡献。

钱学森的科学精神与品德、科学思想与方法、科学成就与贡献,是留给我们的最为宝贵的知识财富、思想财富和精神财富。我们应该认真学习、研究和应用并发扬光大。

以导弹、卫星等航天科技为代表的大规模科学技术工程,既有科学层次上的理论问题要研究,又有技术层次上的高新技术要开发,还要把这些理论和技术应用到工程实践中,生产出产品来。如何把成千上万人组织起来,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,这不仅需要科学和技术创新,还需要一套科学的组织管理方法与技术。

钱老回国前,已在应用力学、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,成为国际上著名的科学家。工程控制论已跨出了自然科学领域,而进入到系统科学领域。系统科学的思想、理论、方法与技术,使钱老具有更开阔的学术视野和更广泛的学术优势。正是以上这些科学技术成就和优势,在开创我国航天事业过程中,钱老始终处在“科技主帅”的位置上。

钱老在开创我国航天事业中,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。当时研制体制上是规划、研究、设计、实验、试制和生产一体化;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的科学性和有效性。从今天来看,就是在当时条件下,把科学技术创新、组织管理创新和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自主创新和协同创新的道路,使我国航天事业一直在持续发展。

航天系统工程的成功实践,不仅开创了大规模科学技术工程实践的系统工程管理范例,而且也为钱老后来发展系统工程、建立系统科学体系和系统论提供了雄厚和坚实的实践基础。

1978年,钱学森等发表《组织管理的技术——系统工程》一文,明确提出了系统工程是组织管理系统的技术,是对所有系统都适用的技术和方法。这篇文章产生了广泛而深远的学术影响,具有里程碑的意义。当时国际上对系统的认识还很混乱,呈现出“人各一词、莫衷一是”的局面。这篇文章却使系统工程呈现出“分门别类、共居一体”的新局面。

20世纪80年代初,钱老从科研一线领导岗位上退下来以后一直到晚年,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。在这个时期中,钱老花费很大心血去大力推动系统工程在各个领域中的应用,同时又开始了创建系统学和建立系统科学体系与系统论的工作。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。这些成就标志着钱学森系统思想、系统理论、系统方法、系统技术与系统应用有了新的进展,达到了新的高度,进入了新的阶段。

在这个阶段中,从系统思想到系统实践的整个创新链条上,在工程、技术、科学直到哲学的不同层次上,钱老都作出了开创性的系统贡献。不仅建立了系统科学和复杂巨系统科学体系以及综合集成方法体系,同时还把系统工程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,并将其应用到更广泛和更复杂的社会实践中。在取得这些成就的过程中,也就形成了钱学森系统科学思想和系统论,这又大大丰富和发展了系统思想。

从现代科学技术发展趋势来看,这些成就和贡献具有极为重要的科学价值和实践意义,并有重要的现实意义,已经产生并将继续产生更加广泛和更加深远的影响。

一、系统科学和系统论

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,那么,系统科学究竟是研究什么的学问,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实际和本质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,钱学森明确提出,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综合集成的整体化方向上,并已成为现代科学技术体系中一个新兴的科学技术部门。

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,对于系统应首先注重整体,如果仅着眼于部分,即使组成部分都认识了,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,就称为系统学,特别是复杂巨系统学的基本任务。国外关于复杂性研究,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组织、调整、改变和设计的。这样,我们便可以通过组织、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,也就是把整体和部分辩证统一起来,从而在系统整体上涌现出我们希望的和最好的功能,这就是系统组织管理、系统控制和系统干预(Intervention)的基本内涵,是系统管理、系统控制等学科要研究的基本科学问题,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:

- 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和严谨的系统科学体系结构。

在建立系统科学体系的同时,钱老还提出和建立了系统论。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。根据系统论这个思想,对于系统问题首先要着眼于系统整体,同时也要重视系统组成部分并把整体和部分辩证统一起来,最终是从整体上研究和解决问题,既超越了还原论又发展了整体论,这就是系统论的优势所在。

运用系统论去研究和认识系统,揭示系统客观规律和建立系统的知识体系,就是系统认识论。从这个角度来看,系统科学及其体系就是系统认识论的体现。

综上所述,系统思想是辩证唯物主义哲学内容,系统科学体系和系统论的建立,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,也把理论和实践统一起来了,这就形成了钱学森系统科学思想。钱学森系统科学思想丰富和发展了辩证唯物主义系统思想。

二、复杂巨系统和系统方法论

在系统科学体系中,系统学和复杂巨系统学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年代中期,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年的七年多时间里,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、社会系统、地理系统、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,又称作特殊的复杂巨系统。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。但对复杂系统、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,关于复杂系统和复杂巨系统(包括社会系统)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的问题更加复杂,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,特别是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取得的巨大成就。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。这些事实使科学家们认识到“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。更早意识到这一点的科学家是贝塔朗菲,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,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,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,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,这就是把整体和部分辩证统一起来研究和解决系统问题的系统方法论,系统方法论反映了钱学森系统综合集成思想。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、社会科学等其他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。这就将系统方法论具体化了,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,它是人一机结合、人一网结合以人为为主的信息、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、智能和智慧优势。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—机结合以人为为主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,但两者有很大差别。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。”

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

从上图可以看出,人一机结合以人为为主的思维方式,它的智能、智慧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