

一个正在发展的新领域——开放的复杂巨系统

于景元 龚志刚

(北京信息与控制研究所·北京, 100037)

摘要: 本文对复杂性、复杂系统、复杂巨系统的研究作了介绍. 说明这是一类用还原论方法处理不了而需要新的方法论来研究的问题, 这是一个科学新领域, 在理论上和实践中都有重要意义.

关键词: 复杂性; 复杂系统; 复杂巨系统

A New Developing Science Field—Open Complex Giant Systems

Yu Jingyuan Gong Zhigang

(Beijing Institute of Information and Control · Beijing, 100037, P. R. China)

Abstract: This paper introduces researches on complexity, complex systems and giant complex systems. And explain this is a kind of problem that cannot be solved by Reduction methodology, but need a new methodology to do it. This is a new science field, significance not only in theory, but also in practice.

Key words: complexity; complex systems; giant complex systems

1 引言

关肇直先生是我们大家尊敬的一位科学家. 他是著名的数学家、控制理论科学家和系统科学家. 在这些领域中他都作出过杰出的贡献. 特别值得指出的是, 60年代初, 他在中国科学院组建了我国第一个控制理论研究室, 70年代末又组建了我国第一个系统科学研究所, 他还是中国系统工程学会第一任理事长, 为推动和发展我国控制论科学和系统科学事业, 作出了开创性贡献. 钱学森院士曾深情地回忆道“在60年代初, 关肇直同志认为应用数学要为国防建设服务, 从这样一个目的出发, 他在数学所成立一个控制理论研究室, 同原五院的同志一起, 研究国防尖端技术中的控制理论问题.” “后来, 至1979年, 中国科学院的领导决定成立系统科学所, 我们都很高兴, 关肇直同志为了开创这个领域的工作, 也作出了很大的努力. 我想就是在这个时候, 他可能过度劳累, 不幸受到疾病的袭击. 从那时起, 他一直没能恢复健康. 1980年底, 中国系统工程学会召开成立大会, 他也没能出席, 但他是众望所归, 当选为该学会的第一任理事长”^[1].

关肇直先生离开我们已17年了, 大家都很怀念他. 我们曾经读过他的书, 听过他的课, 参加过他主持的讨论班, 得到过他的帮助和指导, 他的科学

精神一直激励着我们. 值此纪念关先生诞辰80周年之际, 仅以此文表达我们对他的怀念和敬意, 并把他开创的事业发展下去.

2 复杂性和复杂系统

近十多年来, 复杂性研究引起了国内外一些专家、学者的重视. 诺贝尔奖获得者 Prigogine 发表了《探索复杂性》一书^[2], 在他的另一本《从混沌到有序》著作的第二篇^[3], 又提出了复杂性的科学. 80年代初, 在美国新墨西哥州, 由三位诺贝尔奖获得者, 夸克理论的开创者 M.Gell-mann、凝聚态物理学家 P.W.Anderson、数理经济学家 K. J. Arrow 为首的一批不同领域的科学家, 组织建立了桑塔菲研究所 (Santa Fe Institute, SFI), 开展跨学科、跨领域的研究, 他们称作复杂性研究, 这里既有自然界的复杂性, 也有人类社会以及人自身的复杂性. 后来又提炼出复杂系统和复杂适应系统的概念. 如生命系统、免疫系统、演化经济系统、生态系统、人脑系统等. SFI 科学家们高度重视计算机技术在这些复杂性研究中的运用, 相继提出过遗传算法、自动机网络、元胞自动机等, 并在复杂性研究中取得了一定进展. 1997年中文版的《复杂——诞生于秩序与混沌边缘的科学》一书出版^[4], 作者米歇尔·沃尔德罗普也是 SFI 的研究成员. 这本书详细介绍

了 SFI 研究工作情况, 虽然是本科普读物, 但对了解 SFI 工作的来龙去脉却颇有好处. 从有关报导中看到, 这个研究所在美国的学术地位已上升到第十位, 在美国以外的世界上其它国家也有一定影响.

关于复杂性概念, 目前不同学科、不同领域的专家、学者对其认识还不一致. 有人作过统计, 国内外有几十种关于复杂性的定义, 这也是很自然的, 而且短时间内也难以取得一致. 在今年的“Science”(Vol. 284, 1999) 杂志上, 有一组文章讨论复杂性问题, 它用复杂系统 (Complex Systems) 一词作为标题, 文中说“本专题回避了一个术语上的雷区, 部分是为了当方法进一步成熟时给定义的稳定留下一些空间. 我们渴望避开语义上的争论, 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之一” [5]. 复杂性寓于系统之中, 把复杂性和复杂系统结合起来, 把复杂性科学和系统科学联系起来, 这也便于从系统科学角度研究复杂性. SFI 后来也广泛使用系统概念.

SFI 的复杂性研究, 或他们所称的复杂性科学, 到底能给我们一些什么启发? 从现在的情况来看, 至少有以下两个方面的意义:

1) 在科学方向上, SFI 的复杂性研究体现了现代科学技术发展的综合趋势. 我们知道, 现代科学技术呈现出既高度分化又高度综合的两种明显趋势. 一方面是学科越分越细, 新学科、新领域不断产生; 另一方面是不同学科、不同领域之间相互交叉、综合与融合, 向综合和整体化方向发展. 这两者是相辅相成、相互促进的. 这个趋势在本世纪末已表现得非常明显, 下个世纪也必将有更大的发展. 这后一方向并不始于 SFI, 但它在这个方向上确实有了实质性的开端.

早在本世纪 30 年代, 德国著名物理学家 Plank, 就讲了一段颇具哲理的话“科学是内在的整体, 它被分解为单独的整体, 不是取决于事物本身, 而是取决于人类认识能力的局限性, 实际上存在着从物理到化学, 通过生物学和人类学到社会学的连续链条, 这是任何一处都不能打断的链条”. 这个观点是很深刻的. 大家知道, 客观世界的事物是相互联系的, 因而反映这些事物规律的各门科学也是相互联系的, 不是彼此孤立的. 但由于人类认识能力的局限性, 只能一部分、一个方面、一个层次来认识, 人为的割断了. 科学发展的进程也表明, 早期的科学研究也只能是这样. 但科学发展到今天, 自然科学、社会科学、思维科学等现代科学技术已有了很

大的发展, 必将推动我们而且也有可能把这根链条联接起来进行研究, 寻求它们内在联系和规律, 以获得人类对客观世界更加深刻、更加全面的认识. SFI 的复杂性研究, 实际上是朝着这个方向所进行的努力和探索. 这从 SFI 创始者之一 Gell-mann 所著“夸克与美洲豹——简单性与复杂性的奇遇”一书表达得比较清楚 [6]. 书中有这样一段话“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马牛不相关, 但新的方法却很容易使它们发生关联”.

我们用下图来说明现代科学技术所探索到的时空范围 [7]:

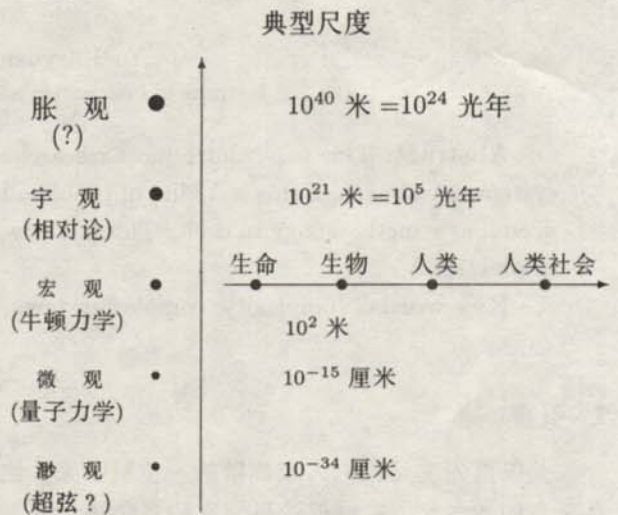


图 1 时空示意图

图中表明, 宏观层次以下探索的, 就是被 Gell-mann 称作简单性问题, 即使这样, 至今仍有许多问题还在继续深入探索和研究, 这是物理学家和化学家们的世界.

在宏观层次上, 出现了生命、生物、人类和人类社会, 这就是他们所说的复杂性问题. 特别到了人类社会这部分, 不仅有自然属性, 还有社会属性和精神属性, 这是三种不同层次的属性, 一个比一个复杂, 高层次是低层次演化过来的, 但又具有低层次所没有的性质, SFI 把这种现象称作涌现 (Emergence) [7]. 每个层次都有自己的复杂性, 三个层次耦合在一起, 就更为复杂, 如今天人类所面临的可持续发展问题.

科学是人们认识客观世界的学问, 人类认识事物是从简单到复杂, 科学的发展也使人类认识事物的能力越来越强, 认识得越来越深刻和广泛. 复杂性研究就是这种科学进步的标志, 它也预示着科学的进一步发展.

2) 从科学方法论上来看, 复杂性研究需要新的方法论. 这里我们需要区分一下方法论 (Methodology) 和方法 (Method). 方法论是关于研究问题所遵循的途径和路线, 在方法论指导下是具体方法问题, 方法也不止一种, 可能有多种方法. 如果方法论不对, 具体方法再好, 也解决不了问题. 从近代科学到现代科学, 还原论方法发挥了重要作用, 并取得了很大成功. 它所遵循的途径是把事物分解成局部或低层次事物来研究, 以为低层次或局部问题弄清楚了, 高层次或整体问题自然也就清楚了. 如果低层或局部问题仍弄不清楚, 还可以继续分解下去, 直到把整个问题弄清楚了为止. “我们有采取这种还原论的最好理由: 它有效. 自从西方科学的黎明以来它就是获得有用信息的关键, 而且已经通过科学家及其它深深地植入我们的文化之中” [5]. 但是现代科学技术的发展向这种方法论提出了挑战, 许多事实使科学家们认识到“还原论的不足之处正日益明显” [5]. 我们正面临着这种方法论处理不了的问题, 所谓复杂性就是这类问题. 复杂性或复杂系统通常都有层次结构, 高层次事物可以具有低层次事物所没有的性质, 或者说整体可以具有其组成部分所没有的性质, 也就是通常所说的一加一大于二. 在这种情况下, 把事物分解成部分后, 事物的整体性质在部分层次上就可能消失了. 这样, 即使在部分层次上研究得再清楚, 也还是回答不了整体问题. 一般系统论创始人 L.Von.Bertalanfy 是认识到这一点比较早的科学家. 他本人是位理论生物学家, 当生物学研究已深入到分子层次产生分子生物学时, 用他本人的话来说, 他对生物体整体的认识反而模糊了. 这使他转到整体论和整体论方法, 并提出了一般系统论方法 [9]. 但限于当时的科学技术水平, 他没能解决这种方法的具体问题.

SFI 的科学家们, 也认识到用还原论方法处理不了复杂性问题, 需要有新的方法, Gell-mann 曾经说过, 对于复杂的高度非线性的系统, 系统整体行为并不是简单的与部分行为相联系, 要有勇气广泛地从各方面关注整体的状况, 而不是个别方面的细节.

综合起来看, 我们也可以说, 所谓复杂性问题, 就是用还原论方法处理不了而需要用新的科学方法来处理的问题. 认识到这一点, 在科学观念上是很大进步, 否则, 把复杂性问题简单化或用研究简单问题方法去处理复杂性问题, 其结果是不会成功的. 在客观世界中, 这类问题是大量存在的, 只不过我

们有时还没有意识到, 自觉不自觉的用还原论方法去处理了. 举个简单例子, 我们在作大型复杂课题时, 通常也要分解成若干子课题, 在每一个子课题研究的基础上, 就有个如何把子课题研究结果综合集成到整体的问题, 仅仅把这些子课题结论拼到一起, 只是一种拼盘, 在整体上涌现不出新结论. 这犹如把三个臭皮匠硬凑到一起还是臭皮匠水平, 整体上涌现不出诸葛亮水平. 这里就有方法论问题, 当然也有具体方法问题.

SFI 研究复杂性问题时, 以计算机为主的现代信息技术已有了巨大发展, 这和 Bertalanfy 时代大不一样了. SFI 应用计算机技术研究复杂性问题, 进行了许多开创性工作, 并取得了一些进展. 如前述的遗传算法、进化算法是有代表性的工作, 用虚拟现实动态经济模型研究经济系统, 用数字技术描述的人工生命系统, 基于规则的计算机模型和算法, 对复杂系统的描述, 比起纯粹数学模型更广泛和逼真. 在数学建模、计算机建模以及把两者结合起来的系统建模上, SFI 的研究工作确实有了新的进展, 值得我们重视.

但是, 1995 年《科学美国人》杂志上有一篇文章 [10] “复杂性研究的发展趋势 — 从复杂性到困惑”, 作者 J.Horgan 对 SFI 的工作进行了综述和评价, 结论是 SFI 的研究, 从复杂性走向了困惑, 似乎复杂性研究陷入了困境. 究竟是什么原因呢? 这是值得我们认真考虑的.

既然还原论方法处理不了复杂性问题, 那么研究复杂性问题的方法论到底是什么呢? SFI 主要依靠计算机技术, 那么, 仅靠计算机技术是否就能解决复杂性问题? 这就涉及到今天的计算机能作什么, 不能作什么. 从思维科学角度来看, 人脑和计算机都能有效处理信息, 但两者极大差别. 从信息处理角度来看, 人脑思维一种是逻辑思维, 它是定量、微观处理信息方式; 另一种是形象思维, 它是定性、宏观处理信息方式, 而人的创造性主要来自创造思维, 创造思维是逻辑思维和形象思维的结合, 也就是定性、定量相结合, 宏观与微观相结合, 这是人脑创造性的源泉. 今天的计算机技术在逻辑思维方面, 确实能作很多事情, 甚至比人脑作得还好, 这已有很多科学成就证明了这一点, 但在形象思维方面, 还不能给我们以任何帮助, 至于创造思维只能靠人脑了. 从这个角度来看, 期望完全靠机器来解决复杂性问题, 至少目前是行不通的. 如果完全依靠机器能解决的问题, 那也不是复杂性问题. 从这

个角度来看, SFI 的困惑是在方法论上, 而不是在具体方法上. 这也从一个方面说明了, 研究复杂性问题, 需要人、机结合 (这就有个如何结合的问题), 把人的优势和机器优势都能发挥出来, 人、机结合以人为主, 优势互补, 相辅相成, 人帮机、机帮人和谐地工作在一起, 这个人机结合系统在思维能力和创造性方面, 比单纯靠人 (专家) 要强, 比单纯靠机器就更强, 因而它具有处理复杂性问题的能力. 但是, 这个人、机结合系统也要有正确方法论来指导, 否则, 它的威力还是发挥不出来.

3 开放的复杂巨系统及其方法论

系统科学是从事物的整体与部分、全局与局部以及层次关系的角度来研究客观世界的 (包括自然的、社会的以及人自身的), 这和自然科学、社会科学等研究问题的角度不同, 但却有密切联系. 能反映事物的部分与整体、局部与全局以及层次关系的最重要的基本概念是系统. 系统是由一些互相关联、互相作用、互相制约的组成部分构成的具有某种功能的整体. 这是目前国内外科学界都普遍公认的一个科学概念. 这样定义的系统在自然界、人类社会包括人自身是普遍存在的, 这就使得系统科学的思想、方法、理论和技术具有广泛的适用性.

相互关联、相互制约、相互作用的组成部分就是系统结构, 组成部分本身也可能是个系统, 是原系统的子系统, 而原系统又可能是更大系统的组成部分, 从而构成更大系统的子系统, 这就是系统的层次结构. 子系统之间是通过物、能量和信息交换形式实现联系的.

一个系统以外的部分称作系统环境, 系统和其环境的界限称作系统边界. 系统与其环境也是通过物质、能量和信息的输入、输出关系相互联系. 系统结构与系统环境决定了系统功能.

现实中存在着各种各样的实际系统, 因而也就有了各种各样的系统分类, 例如:

- 自然系统与人造系统;
- 开放系统与封闭系统;
- 动态系统与静态系统;
- 线性系统与非线性系统;
- 生命系统与非生命系统;
- 物理系统、生物系统、生态系统、社会系统
- …….

这样的分类比较直观, 着眼点放在系统内涵上, 但这也失去了对系统本质的刻画. 其中关键的问题

是系统复杂性. 尽管都可用复杂系统来概括, 但复杂性是有层次的, Prigogine 探索的复杂性, 是物理化学系统中的复杂性, 而 SFI 研究的复杂性却是生物系统、经济系统, 乃至社会系统中的复杂性, 虽然同为复杂性, 但显然不在同一层次上, 复杂性程度不一样, 研究的方法也不一样.

正是基于复杂性层次不同, 钱学森院士提出了系统新的分类, 其着眼点是系统结构的复杂性 (非线性、不确定性、模糊性等). 这里, 一个是子系统的数量和种类, 另一个是子系统之间关联关系的复杂程度以及系统的层次结构^[11].

从这个角度出发, 将系统分为简单系统、简单巨系统、复杂巨系统. 生物体系统、人体系统、人脑系统、地理系统、星系系统、社会系统等, 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, 所以又称为开放的复杂巨系统.

这样的分类方法, 从方法论来看, 对简单系统、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. 但对于开放的复杂巨系统包括社会系统的方法论却是个新问题, 不是传统方法包括还原论方法所能处理的.

在科学发展史上, 一切以定量研究为主要方法的科学被称为“精密科学”, 如自然科学和数学; 而以思辨方法和定性描述为主的科学, 被称为“描述科学”, 如社会科学. 复杂性或复杂系统、复杂巨系统研究, 要走“精神科学”之路, 使它不同于诸如社会科学等的思辨和定性研究. 另一方面, 基于还原论的定量方法又有局限性, 也处理不了这些问题. 这些特点, 使我们认识到这是一个科学新领域^[11].

在我国最早明确提出和研究这类问题的是钱学森院士. 80年代初, 他曾提出将科学理论、经验知识和专家判断力相结合的半理论、半经验方法来处理复杂系统问题^[12]. 当时已很清楚, 完全用自然科学方法来处理这类问题是行不通的. 即使象数学这样广泛使用的理论和方法, 也遇到了严重的困难, 因为有些复杂巨系统无法用现有数学工具描述出来. 后来在他指导下的系统学讨论班上, 又继续进行方法论的探索. 这段时间, 国内外关于复杂性和复杂巨系统的研究, 已有了一定进展并取得了显著成效. 在总结这些成就的基础上, 80年代末期, 钱学森院士明确提出了处理开放的复杂巨系统的方法论是“从定性到定量综合集成方法” (Metasynthesis), 后来又发展到“从定性到定量综合集成研讨厅体系”的实

践形式^[13]。

在科学研究中,通常是科学理论、经验知识和专家判断力(专家的知识、智慧和创造力)相结合,形成和提出经验性假设(如判断、猜想、方案等)。在自然科学和数学中,这类经验性假设一般是用严密逻辑推理和各种实验手段来证明其正确与否。完成了这一步又会有新的经验性假设提出,再重复上述过程。这一过程体现了从定性到定量的特点。但它所用到的各种方法用来解决复杂巨系统问题时就显得力所不及了,可是我们又不能对经验性假设只停留在思辩和定性描述上。那么出路在哪里呢?现代计算机技术以及基于计算机的信息技术的发展,为我们开辟了新的途径,这就是人、机结合以人为主的方式。机器能作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,也包括各种数学方法的应用。通过人、机结合,实现信息和知识的综合集成,这里包括了不同领域的科学知识和经验知识、定性知识和定量知识、理性知识和感性知识,通过人机交互、反复对比逐次逼近,实现从定性到定量的认识,从而对经验性假设的正确与否作出明确结论。这样的结论就是现阶段对客观事物认识的科学结论。

这个方法体现了“精密科学”从定性判断到精密定量论证的特点。从思维科学角度来看,也体现了以形象思维为主的经验判断到以逻辑思维为主的精密论证的过程^[14]。

这个方法的实质是把专家体系、数据和信息体系以及计算机体系结合起来,构成一个高度智能化的人、机结合系统(它本身也是一个开放的复杂巨系统),这个方法的成功和应用,就在于发挥这个系统的综合优势、整体优势和智能优势,它比起单纯靠人(专家体系)或机器都有更强的优势。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,从多方面定性认识上升到定量认识,所以这个方法是走精密科学之路的方法论。

需要指出的是,应用这个方法研究问题时,也要求系统分解,在分解后研究的基础上,再综合集成到整体,实现 $1 + 1 > 2$ 的涌现,达到从整体上研究和解决问题的目的。综合集成方法吸收了还原论方法和整体论方法的长处,同时也弥补了各自的局限性,它是还原论方法和整体论方法的结合。形象地说,可表示如下:

$1 + 0 = 1$ 整体论方法,

$1 + 1 \leq 2$ 还原论方法,

$1 + 1 > 2$ 综合集成方法。

从前面讨论中可以看出,综合集成方法作为科学方法论,它的理论基础是思维科学,方法基础是系统科学和数学,技术基础是以计算机为主的信息技术,哲学基础是马克思主义实践论和认识论。

人类已步入信息社会,在信息社会中,信息是人类一切活动的基础。但有了信息未必就有知识,而有了知识也未必就有智慧,这是三个不同层次上的问题。综合集成方法可以通过信息的综合集成获得知识,也可以通过信息和知识的综合集成获得智慧。从这个角度来看,这个系统是人、机结合的知识生产系统,是知识生产力和精神生产力。

4 实践意义

复杂性、复杂系统、复杂巨系统的研究,不仅有重要的科学意义,同时还有重要的实践意义。

从目前的一些报导来看,复杂性研究现已深刻影响到经济学和管理科学的发展。古典经济学以均衡为主,称为均衡经济学。但从复杂性研究出发,把经济作为演化经济系统进行研究,提出了非均衡经济学。在均衡经济学中遵循收益递减规律,但在非均衡经济学中却遵循收益递增规律,如高技术产业。对管理科学,从刻板结构的传统管理到现在不断演化结构的新管理观念和理论,都是从复杂性研究中受到的启迪^[15]。

设在维也纳的国际应用系统分析研究所(IIASA),素以研究全球问题而著称,如土地、粮食、人口、气候、环境等。他们是以复杂性应用研究为主,所使用的方法是系统分析技术。系统分析或系统工程,说到底就是使系统在整体上涌现出我们所希望的功能的技术方法。

在国内,自然科学、系统科学、软科学、管理科学以至社会科学领域都有一些专家、学者,从复杂性和复杂巨系统研究中受到启发,以新的角度、用新的方法研究所面临的复杂性问题^[16]。国家自然科学基金委员会还设专用基金支持复杂性科学研究,并把复杂系统和复杂性科学列为“十·五”期间重点支持的研究领域。

从应用方面来看,重要的问题是把复杂性真正作为复杂性来处理。一般说来,为了处理上的方便,总要把复杂对象作简化处理,这似乎已是一条不成文的规则。但在有些情况下,这样的简化会带来严重的后果。举个简单例子,如果一个具有混沌吸引

子的非线性系统,采用线性化方法来处理,就会丢失混沌吸引子所带来的系统复杂行为。

我们以可持续发展问题为例,进一步说明这个问题。可持续发展是世界各国都高度重视的大问题,我国已把可持续发展作为国家发展战略之一。可持续发展的实质是人与自然之间的协调发展。人类在大自然面前既不是无所作为,但也不能为所欲为。人类与自然之间究竟怎样才能作到协调发展,这就涉及到人口、资源、经济、环境等之间的协调发展。从问题性质来看,这确实是个复杂性问题,也是个开放的复杂巨系统——地球表层系统,即地理系统问题,人类社会系统是它的一个组成部分。人们习惯于就人口论人口、人口与可持续发展;就经济论经济、经济与可持续发展;就资源论资源、资源与可持续发展;就环境论环境、环境与可持续发展,……。这些论述无疑是重要的,也是很有意义的,但都难以回答可持续发展的整体问题。事实上这部分之间是相互联系的,单纯从局部的发展说明不了全局的发展,局部发展战略也代替不了整体发展战略。可持续发展既涉及到自然界也涉及到人类社会,研究可持续发展问题,既需要自然科学也需要社会科学,特别是把自然科学与社会科学有机结合起来的研究,才有可能回答可持续发展的总体问题。但我国现行的体制,部门分割、学科分立,自然科学与社会科学分得一清二楚,结果形成了自然科学家从自然科学角度研究可持续发展问题,社会科学家从社会科学角度研究可持续发展问题,两者却难于协同与合作。在这种情况下,我们很难设想,研究者之间都不能作到很好协调,最后还能科学地回答人与自然之间的协调发展战略,这是不可思议的。尽管产生这种现象的原因是多方面的,但最终的结果是把一个复杂性问题简单化处理了,在实践中很可能造成严重后果。

从人口方面来说,我国人口控制和计划生育工作取得了巨大成绩。这是70年代末,党和政府把控制人口增长作为一项基本国策,执行了控制人口数量、提高人口质量,大力倡导一对夫妇生育一个孩子的政策,使我国人口少出生三亿多人。在即将进入21世纪的时候,有的人口学家感到本世纪末我国人口政策从严了一些,因而提出下个世纪人口政策应调整到每对夫妇生育两个孩子的政策上来。按这样生育水平测算,下个世纪中叶我国人口将进入零增长并稳定在15~16亿人口规模上。现在的问题是,这样的人口规模和我国资源情况、经济发展、

环境保护是否相协调,也就是说,是否符合我国可持续发展战略要求(是由指标体系来度量的)。人口问题始终是制约我国走上可持续发展之路的关键因素。如果到了下个世纪中被证明,这样的人口规模不是可持续发展要求的适度人口规模,那么我们今天调整人口政策不又犯了一次历史性错误么?留给我们子孙后代的,将是继续付出更长的时代代价。这个事实也说明了,在制定下个世纪人口政策时,不仅仅是人口自身的发展,还要和经济、资源、环境、社会发展等综合研究,这就涉及到可持续发展的总体问题。

目前,我国各个领域如人口、资源、经济、环境等都有了自己的发展战略,也有具体内容。问题是国家可持续发展战略是否就是把这些领域发展战略拼到一起?如果是这样,那么实质上我们是用还原论方法去处理了一个复杂性问题,如果不是这样,那么我们又该如何去处理呢?复杂性、复杂巨系统研究给予我们的重要启发,就是要从整体上去研究和解决问题,我们应该高度重视可持续发展的整体研究。对于一个将近13亿人口的大国,资源相对贫乏,经济发展水平不高,科技水平也不很高,环境污染又很严重,究竟我们实现可持续发展的途径是什么,如何才能实现人口、资源、经济和环境的协调发展,应该采取那些步骤、对策和相关配套的政策,在实践上如何去实施,这些问题迫切需要研究。

上述事实说明,复杂性和复杂巨系统的研究,既是个理论问题,又是一个很现实和很实际的问题,在面对这些问题的时候,至少我们应该认识到,不能再沿着传统路子走下去了,应该探索和研究新方法去处理,这不正是需要创新的地方么?而且这里既有科学创新,也有技术创新,还有应用创新,是一个难得的综合创新领域。

参考文献

- 1 钱学森. 在关肇直同志纪念会上的讲话. 北京, 1982.11.23
- 2 尼科里斯, 普利高津. 探索复杂性. 成都: 四川教育出版社, 1986
- 3 伊·普里戈金, 伊·斯唐热. 从混沌到有序——人与自然的对话. 上海: 上海译文出版社, 1987
- 4 米歇尔·沃尔德罗普. 复杂——诞生于秩序与混沌边缘的科学. 北京: 三联书店, 1997
- 5 Gallagher R, Appenzeller T. 超越还原论. 戴汝为主编. 复杂性研究论文集. 北京, 1999
- 6 盖尔曼 M. 夸克与美洲豹——简单性与复杂性的奇遇. 长沙: 湖南科技出版社, 1998
- 7 钱学森. 基础科学研究应接受马克思主义哲学的指导. 哲学研

- 究, 1989, (10)
- 8 Holland J H. Emergence. San Diego, CA: Addison-Wesley Publishing Company, 1998
- 9 贝塔朗菲 L. 一般系统论 — 基础、发展和应用. 北京: 清华大学出版社, 1989
- 10 Horgan J. 复杂性研究的发展趋势: 从复杂到困惑. Scientific American, 北京: 科学杂志社, 1995 (in Chinese)
- 11 钱学森, 于景元, 戴汝为. 一个科学新领域 — 开放的复杂巨系统及其方法论. 自然杂志, 1990, 13(1)
- 12 钱学森. 论系统工程 (修订本). 长沙: 湖南科技出版社, 1988
- 13 王寿云, 于景元, 戴汝为, 汪成为, 钱学敏, 涂元季. 开放的复杂巨系统. 杭州: 浙江科技出版社, 1996
- 14 赵光武主编. 思维科学研究. 北京: 中国人民大学出版社, 1999
- 15 Mainzer K. Thinking in Complexity: The Complex Dynamics of Matter, Mind, Mankind. Berlin: Springer, 1997
- 16 蒋正华, 张羚广. 可持续发展与复杂科学. 成思危主编. 复杂性科学探索, 北京: 民主与建设出版社, 1999