

编者按 “十八大”以来，党中央和国家高度重视信息化工作，强调指出“没有信息化，就没有现代化”，将信息化工作提到了关乎党和国家发展全局的战略高度。科研信息化作为国家信息化发展的先导和关键环节，是新形势下实践创新驱动发展战略的重中之重。本刊特推出“信息化变革科研模式”专题，邀请国内外科研信息化领域的权威专家和团队，深入探讨科研信息化发展态势，通过实例展示其促进科研模式转变、科研效率提高、科研成果产出的重要作用，呈现科研信息化创新应用的新特点，并对国家科研信息化的进一步发展提出了具体建议。

信息化：从计算机科学到计算科学*



周宏仁

国家信息化专家咨询委员会 北京 100010

摘要 文章讨论了 70 年来信息化的发生和发展，以及计算机科学在其中所扮演的核心角色；分析了迄今为止全球信息化所经历的数字化、网络化和智能化 3 个发展阶段，所形成的计算、网络、数据和软件无处不在的新环境，及其带来的产品创新和系统创新的重大机遇；阐明了智能化是全球信息化竞争新的制高点，人工智能和计算科学成为信息化在新的发展阶段的科学技术基础，各领域的科学家，无论是自然科学家或是社会科学家，均已不能置身信息化之外；2013 年诺贝尔化学奖的颁发表明，计算科学是任何一个学科领域翻开新篇章的有力工具，是引领学科发展的前沿，学科数字化和科学的数字化革命势在必行。

关键词 计算机科学，计算科学，工业互联网，学科数字化，计算机辅助科学研究

DOI 10.16418/j.issn.1000-3045.2016.06.001

信息化作为一个伟大的历史进程，正在越来越多地被人们所认识。世界各国围绕信息化这个战略制高点的竞争，正在全球掀起一浪更比一浪高的信息化创新的浪潮。信息化正在带来新一轮的重大经济社会变革，以及国家乃至全球治理和秩序的重构。认识信息化的本质，把握信息化发展的趋势，驾驭信息化发展的大潮，已成为所有国家面临的重大挑战之一。

进入 21 世纪以来，中国较大规模的国家信息化开始起步。由于有发达国家几十年积累起来的许多信息化的成果和经验可资借鉴，利用“后发优势”，采取“跟随战略”，中国比较快也比较顺利地各个领域完成了大量的、重要的信息化应用系统建设，在电子商务、电子政务、“两化”融合、“三农”信息化、现代信息服务业、新兴产业发展、居民信息化素质提升等方面，都取得了举世瞩目的成就，产生了巨大的经济社会效益，极大地推动了中国经济社会的发展。就信息化而言，中国与发达国家的差距正在逐步缩小。相应

*修改稿收到日期：2016 年 3 月 5 日

地，中国的“后发优势”，也已经所剩无几。

与之同期，全球信息化向高端发展的趋势也非常明显。在经历了数字化和网络化的快速发展之后，智能化正在成为全球信息化向高端发展的最主要特征之一^[1]。智慧地球、智慧城市、智能终端、智能硬件、智能制造、智能物理系统（cyber-physical system）等新概念、新思想、新系统层出不穷，令人眼花缭乱，颇有目不暇接之感。种种迹象表明，全球信息化的发展，正在从基于计算机科学（computer science）向着基于计算科学（computational science）转变。计算科学与计算机科学虽密不可分，但一字之差，内涵上却有重大的差异。信息化发展的科学技术基础正在向所有的学科领域拓展。可以说，计算科学覆盖到哪个学科，那个学科就有可能产生革命性的变革和发展。没有计算科学的高度发展，中国将不能摆脱“跟随战略”的束缚，难以开创信息化创新发展的新局面。

“行百里者半九十”。中国与发达国家的信息化差距可能还不止是百分之十。即便仅有最后百分之十的差距，也还需要我们付出百分之百的努力。要赶上这最后的“百分之十”，关键在于提高中国信息化发展的科学性和科学水平，提升中国信息化发展的科学技术创新能力。事实上，发展基于计算科学的国家信息化，几乎已经将所有的学科、所有的科学家“裹挟”其中。中国的科学家们，无论是自然科学家还是社会科学家，已经不能置身信息化之外，以为信息化仅仅是技术专家们的事，与己无关。推动中国信息化未来的创新发展，中国的科学家们责无旁贷。

1 信息化的科学技术基础

信息技术的核心是电子数字计算机技术。“算”是人类文明中不可或缺的一个极为重要的组成部分。使“算”机械化和自动化，是数百年来人类孜孜以求的目标之一。1642年法国数学家帕斯卡（Blaise Pascal）在计算尺的基础上发明了世界上第一台机械计算机；1700年前后德国数学家莱布尼茨（Gottfried Leibniz）从《易

经》的拉丁文译本中读到了八卦的组成结构，惊奇地发现基本素数0和1的进位制是世界上最先进的数学进制，并率先提出了二进制数的运算法则^[2]。至1946年世界上第一台电子数字计算机埃尼亚克（ENIAC）的研制成功，电子数字计算机的发明孕育了近300年。可以说，没有电子数字计算机就没有信息革命，没有信息化。现在，计算机已经像一个“精灵”一样，影响着我们时代的方方面面。

电子数字计算机的关键词在“数字”这两个字上。在很长一段历史时期内，科学家的努力曾经大量集中在模拟计算机（十进制）的发展上，直到20世纪的60—70年代，模拟计算机才逐渐退出历史舞台。电子数字计算机的发明开创了一个数字化的新时代，人类社会一切物理形态的信息，包括数字、文字、图片、语音、视频，甚至于味觉和嗅觉，都可以用0和1这两个代码的不同长度和组合来表述。仅仅用0和1这两个最简单的代码来表述世界上最复杂的事物，而且还可以进行复杂计算，彰显了电子数字计算机技术的神奇和伟大。

计算机不仅可以做数学运算，而且可以做逻辑运算。换言之，人类的一切逻辑思维活动都可以计算机化，只要计算机运算速度足够快、存储量足够大、体积足够小、价格足够低。这个目标正在被科学家和工程师们逐次逼近。

计算机科学的发展对于信息化的发展影响巨大而深远。在理论计算机科学方面，计算理论、信息与编码理论、算法与数据结构、编程语言理论、形式化方法等，对计算机技术和产业的发展有决定性的影响。在应用计算机科学方面，计算机结构与工程，计算机性能分析，计算机图形与可视化，计算机安全与加密，计算机网络，并行、分布与分布系统，数据库技术，软件工程等等，都是影响信息化系统工程项目建设和信息化发展水平的核心应用技术。

网络科学与技术在互联网的发明和发展之后，也成为信息化的重要科学技术基础之一。毋庸置疑的是，现

代的网络科学与技术是完全数字化的、基于计算机数据通信的网络科学和技术，已经成为应用计算机科学的一个组成部分。随着网络开放化、虚拟化、弹性化、智能化趋势的发展，OpenFlow 和软件定义联网（software-defined networking, SDN）等的广泛应用和发展，网络的计算机化的特征将更加凸显，对于计算机科学技术的依赖将更为加深。

2 信息化带来创新发展的重大机遇

从过去 70 年的演进来看，信息化经历了数字化、网络化和智能化这 3 个侧重点不同的发展阶梯，三者之间彼此并不排斥，也不是“你方唱罢我登场”^[3]。从技术层面来看，信息化的发展环境已经发生了非常大的变化。泛在化，即计算无处不在、数据无处不在、网络无处不在、软件无处不在，已经在全球信息化比较发达的国家和地区基本形成。信息化发展到今天，至少在产品创新、系统创新、产业创新 3 个方面带来了创新发展的重大机遇。限于篇幅，以下主要介绍产品创新、系统创新的主要方向。

2.1 产品创新

产品创新涉及人和物的数字化、网络化和智能化，即产品的计算机化。智能手机的成功触发了各种消费类产品的计算机化，电视、家居、穿戴设备、汽车等的计算机化，正在逐步成为现实。由于消费类产品量大面广，市场巨大，产品数字化、网络化、智能化的大潮已然形成。更重要的是，作为智能制造核心的生产工具、重大装备，其计算机化势在必行，这有可能把全社会的劳动生产率提升到前所未有的新高度。“产品计算”正在成为计算机应用发展的新边疆。

人们生活、工作、生产所需的各种产品，种类无数，大小不同，简单复杂程度各异。与之相应，产品计算的水平也会由低到高、由简单到复杂。一双球鞋和一架喷气式客机，计算机化的需求和计算的复杂程度显然不可比拟。一般而言，智能化是产品计算追求的最高目标；而随着工业互联网和物联网的发展，产品的数字化

和网络化将成为产品计算的最低要求。

计算机化，将成为信息时代与工业时代产品的分水岭。不具备信息时代特征的产品将逐渐被淘汰。“产品计算”使计算机科学技术的应用领域更为宽广，更显重要，已经成为当今信息技术和信息产业发展的主要驱动力。

2.2 系统创新

系统创新主要是指信息系统走向人机物的一体化、自动化、智能化。在信息化的新环境下，构造智能物理系统（cyber-physical system, CPS）是系统创新的重要方向之一，特别是工业互联网（industrial internet）中所涉及的一体化、自动化、智能化的信息系统成为备受关注的焦点。

工业互联网在内涵上与工业 4.0 相似，有一个“5C”架构^[4]（图 1），本质上也是一个智能物理系统。最底层是一个智慧连接层（Smart Connection），能把所有的物、人和计算机系统联接在一起，以求无障碍地获取所需要的数据。第二层是数据信息转换层（D/I Conversion），通过采集的数据，进行知识挖掘和数据的智能分析，目的在于把数据转换成信息。第三层是计算网络层（Cyber），作为信息的中心枢纽将数据和信息与期望值进行对比分析。第四层是认知层（Cognition），确认监控资产或设备状况的用户可视和支持决策。第五层是配置层（Configuration），实现由网络空间至物理空间的反馈，完成调控整个系统的实际操作。

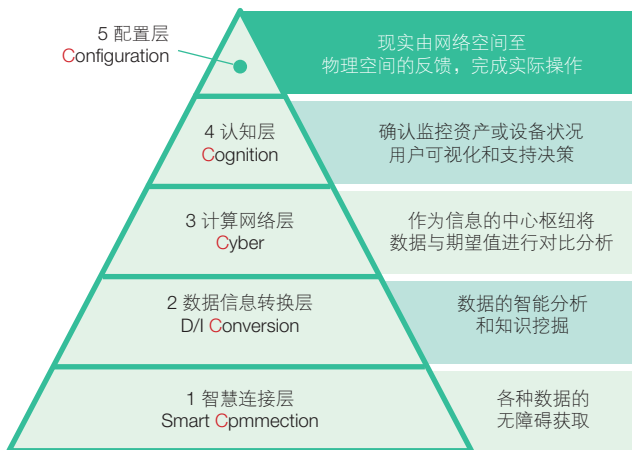


图 1 工业互联网的“5C”架构

不难看出，工业互联网的架构是一个包括人、机、物在内的，典型的反馈控制系统（图2）。工业互联网的控制对象就是人、机、物，它通过连接层（C1），把人、机、物连接在一起，通过反馈器来实现数据和信息的转换（C2），然后把期望值和采集到的数据信息做比较（C3），形成一个决策的指令（C4），最后通过控制器（C5）控制人、机、物。在这个反馈控制系统里，绝大部分都是通过计算机来实现的。工业互联网，或工业4.0，其重大意义并不仅在于为工业企业或制造企业设计了一个未来的智能化的信息化总体解决方案，而是在于其利用“信息系统/互联网/物联网/云计算/高端计算”构造人、机、物一体化的反馈控制系统的基本思路，对于信息时代世界各国经济、政治、社会、军事等重大系统的信息化重构将产生意义深远的、革命性的重大影响。

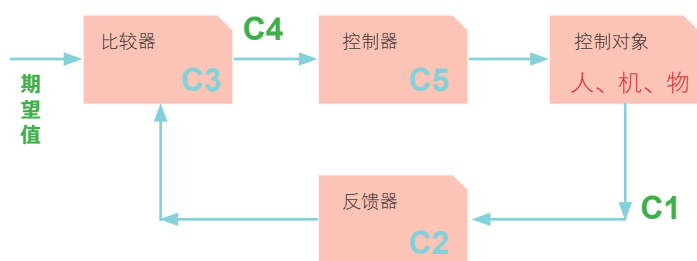


图2 新形态的反馈控制系统

在工业互联网系统中，由于大量采用了计算机和网络，使新系统由两个主要部分构成：一个是原有的物理部分（physical-components），另一个是嵌入的计算部分（cyber-components）。智能物理系统（cyber-physical system, CPS）的概念因而形成。两个部分不断地交换信息和进行计算，实现信息、计算、通信和控制在一个系统中协同有效地工作。

智能物理系统构造的是一个实现人、机、物一体化集成的系统，代表了信息系统与控制理论融合发展和创新的方向。智能物理系统带来了很多理论上需要研究的问题，特别是如何增强这类系统的适应性、自主性、功能性、可靠性、安全性、可用性和效率。美国国家科学基金会认为，像互联网改造了人们彼此之间的互动方式

一样，智能物理系统将改造我们与物理世界的互动方式。为此，2006年，美国国家科学基金会将智能物理系统确定为美国未来重点研究的领域之一，期盼在未来的10—20年之内，智能物理系统发展成为一门新的学科。

3 智能化成为信息化竞争制高点

智慧，或智能，本来是对人理解和领悟各种现象和事物的能力的一种描述，特别是对人的思维能力，即脑力的描述。信息化之所以和智慧、智能密切相关，是因为计算机还有一个通俗的名字叫“电脑”。正是计算机的泛在化发展为信息化的智能化准备了物质基础，而智能化的发展水平则成为了新阶段全球各国信息化竞争的制高点。

3.1 “智慧”源于计算科学

图灵（Alan Turing）不仅奠定了电子计算机的基础，而且预见了人工智能的可能性^[5]。1950年，图灵发表的论文《计算机和智能》中，提出有可能制造出按照人类思维的方式自己思维的计算机。1956年夏天，一些研究神经网络、自动化理论以及智能的科学家在英国的达特茅斯工作了6周，共同研究和探讨用机器模拟人类智能的一系列相关问题，首次提出了“人工智能（artificial intelligence, AI）”的概念。

在随后的60年中，人工智能的发展跌宕起伏，概念被热炒过，也有过充满挫折的失望。在数字化和网络化日渐普及的今天，信息化的智能化，基本上就是人工智能重返人类经济社会发展的舞台、向着各领域广泛渗透的一个新的历史进程。与以往任何时候相比，人工智能在今天更具有现实意义。因为，信息化发展到今天这一步，无论技术环境，还是应用需求，都为人工智能的发展提供了难得的机遇。

2005年6月，美国总统信息技术顾问委员会在给美国总统递交的一份题为《计算科学：确保美国的竞争力》^[6]报告中指出，“虽然以信息技术为动力的革命正

在加速进行，计算科学与高端计算正在尖端科学、社会科学、生物医学、工程研究、国防与国家安全以及产业革新方面扮演着中心的角色；然而，这个国家却还没有醒悟过来”。报告认为，“在美国，计算科学的潜力只有较少的一部分正在得到利用”。众所周知，美国是发明电子数字计算机的国家，也是世界上信息化最发达、最先进的国家，美国总统信息技术顾问委员会发出如此的评论，呼吁要唤醒全体美国人重视计算科学和高端计算，不能不引起人们的深思。

这个报告是否唤醒了全体美国人，尚不得而知。计算科学和高端计算的重要意义何在，确是值得每一个中国科学家深入思考的问题。十年以后的今天，中国的科学技术界是否已经普遍地认识到这个问题的重要性及其现实意义，不仅对于中国信息化是否能够向着智能化这个高端发展具有决定性的影响，而且对于中国的科技创新能力、科学研究的效率、科学研究水平的提升也极为关键。

3.2 计算科学是融合型科学

美国总统信息技术顾问委员会对计算科学提供了一个定义，即：计算科学是一个迅速成长的、利用先进的计算能力去认识和解决复杂问题的多学科合成的领域，它“融合”了3个不同的元素（图3）：（1）算法、建模和模拟软件，用以解决科学（如生物学、物理学、社会学等）、工程以及人文学科中的各种问题；（2）计算机与信息科学，发展和优化各种系统硬件、软件、网络及数据管理等要素，以解决计算中需要解决的各种问题；（3）计算的基础设施，用以支持各种科学和工程问题的解决和计算机与信息科学自身的发展。图3表明，计算科学的外围几乎无所不包，不仅包括政治学、生物学、医学、物理学、经济学、社会学、工程学、人文学科，还包括能源、制造业、气象学，以及国家安全，等等。正是计算科学向全社会各个领域的渗透，覆盖各个学科门类、各行各业，提升了各行各业的科学水平和相对应的智能化水平。

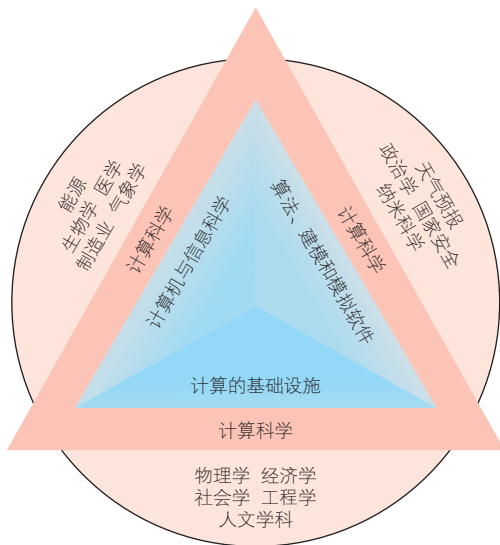


图3 计算科学的定义

显然，发展计算科学和高端计算并不仅仅是一个发展超级计算机的问题。计算科学的发展实际上取决于6个要素，即：超级计算机（计算能力）、网络（计算机联网应用）、建模（问题的数学模型）、算法（编程）、软件（实现模拟计算）和结果分析（数据处理技术和软件）。当然，支配这6个要素的是人——计算科学家，即精于计算技能的科学家和洞悉相关学科的计算机专家。没有行行都通的、万能的计算科学家，只有某一个学科领域的计算科学家。计算科学家是信息时代极为重要的一类复合型人才。

特别需要指出的是，发展超级计算机、各种网络 and 软件，都只是为发展高端计算准备了条件。真正地实现对某一问题的高端计算，关键还在建模和算法，只有对该学科问题有透彻的了解、深入的研究和分析，才有能力建立问题的数学模型，并根据已有的各种数值计算技术和软件设计计算方法。因此，学科自身的研究水平、研究人员的计算机技能水平、学科的信息化水平和信息能力等，皆与该学科计算科学的发展密切相关。从人才培养的角度来看，大学和研究机构都需要做出结构性的调整，才有可能培育出跨学科的、高水平的计算科学家。我国对超级计算机发展比较重视，发展计算科学则

显得力度远远不够。

综上所述，过去 70 年，信息化的发展基本上是依托于计算机科学与技术的发展；而未来，信息化向高端的发展——智能化，主要依托的则是计算科学的发展，各行各业无一例外。超级计算机（计算能力）和网络（计算机联网应用）都只是计算科学的要素之一。目前，真正的难点在于推动计算科学和高端计算在全社会各个领域的应用发展。

4 推进科学研究的数字化革命

“科学”正在经历一场数字化革命，2013 年诺贝尔化学奖的颁发证明了这一点。信息革命和信息化源于科学技术的发展和进步。信息化一直在“革”传统工业、传统农业、传统服务业的“命”，现在，则开始“革”科学本身的“命”了。

4.1 2013 年诺贝尔化学奖的启示

2013 年 10 月 9 日，瑞典皇家科学院宣布，将诺贝尔化学奖授予美国科学家马丁·卡普拉斯（Martin Karplus）、迈克尔·勒维特（Michael Levitt）和阿里耶·瓦谢尔（Arieh Warshel），以表彰他们“在开发多尺度复杂化学系统模型方面所作的贡献”。

诺贝尔化学奖评选委员会指出^[7]：“他们让经典物理学与迥然不同的量子物理学在化学研究中‘并肩作战’。以前，化学家必须二选其一。依靠用塑料棒和杆创建模型的经典物理学方法的优势在于计算简单且能为大分子建模，但其无法模拟化学反应；而如果化学家选择使用量子物理学计算化学反应过程，巨大的计算量又使得其只能应付小分子。为此，在 20 世纪 70 年代，这 3 位科学家设计出这种多尺度模型，让传统的化学实验走上了信息化的快车道。”

事实上，“建模”往往是科学研究中对物理问题做出数学抽象的最困难的一环。建模不可能由纯数学家或软件科学家完成。不懂得该门科学，不吃透所研究的问题，不可能建成被研究问题的数学模型，虽然现在已经

有了很多辅助建模软件。而没有“建模”，高端计算就没有计算的对象和方法。从这个意义上来说，不懂高端计算的科学家不是信息时代的科学家。当然，计算科学对于科学研究的重要性尚远不止“建模”这一环。

诺贝尔化学奖评选委员会认为：“多尺度化学系统模型的出现，翻开了化学史的新篇章，化学反应发生的速度堪比光速，刹那间电子就从一个原子核跳到另一个原子核，以前，对化学反应的每个步骤进行追踪几乎是不可能完成的任务，而在由这 3 位科学家研发出的多尺度模型的辅助下，化学家们让计算机‘做帮手’来揭示化学过程。”显然，没有高端计算，就不可能真正揭露化学反应的微观过程。诺贝尔化学奖评审委员会在当天发表的声明中还说：“现在，对化学家来说，计算机是同试管一样重要的工具，计算机对真实生命的模拟已为化学领域大部分研究成果的取得立下了‘汗马功劳’。通过模拟，化学家能更快获得比传统实验更精准的预测结果”。

对于任何一个科学领域，计算科学都是一个重要的工具，都有可能翻开该学科一个新的篇章。2013 年诺贝尔化学奖的颁发还说明，科学家加入到信息化的行列中来，不仅不是什么“掉份”的事，而是引领学科发展的前沿！

信息革命和信息化对于人类社会发展的革命性影响是全方位的，“科学”不能“自傲地”置身事外。一场科学的数字化革命正在蓬勃发展，将使科学研究走向智能化，即智慧的科学研究（smart science），对于加快科学探索的创新发展意义极为深远。

4.2 科学的数字化革命

关于“科学的数字化革命”，至少可以从学科的数字化、计算机辅助科学研究、战略性新兴产业 3 个方面进行探讨^[8]。以下着重介绍与计算科学发展密切相关的两个方面。

（1）学科的数字化。任何一门学科都需要依托于计算科学加快发展。目前，科学结构变革的首要问题是

学科的数字化。科学研究和技术创新都离不开数据和信息。如果没有数字化，就不可能利用计算机和网络进行处理和传播，学科就不可能进入数字世界，在信息时代就一定会逐渐被边缘化，学科本身不仅不可能发展，而且会逐渐走向衰落。不仅论文、学术报告、实验结果和数据需要数字化，学科的理论体系、研究方法、实验仪器、科研装备和计量、检测手段等都需要建立在数字化的基础上，使学科研究得以在数字空间、网络空间加速进行。

控制科学中的卡尔曼滤波器理论就是一个很好的例证。卡尔曼滤波器在现代控制理论中具有划时代意义，其发明者鲁道夫·卡尔曼（Rudolph E. Kalman）在1960年提出这一创意的时候，本意只是解决时变线性系统的滤波和估值问题，结果却推动了现代控制理论由频域向时域的变革，进而在时域建立了一套比频域更完整、更丰富的理论体系，为现代控制理论的变革、控制科学的数字化，以及计算机进入控制理论和工程作出了重要的贡献。

学科数字化势在必行。必须发展数字数学、数字化学、数字物理等，把学科的发展建立在计算科学的基础上。唯有计算机和网络能够进入并发挥重要作用的学科，才有可能开辟新的研究和发现、发明、创新的途径，铸就学科发展的新篇章。

（2）计算机辅助科学研究。在科学研究各领域，“计算机辅助科学研究（computer aided scientific research, CASR）”成为科学软件的一个重要门类，在提高科学研究的劳动生产率和促进科学研究的创新发展方面，发展空间极大。我国的发展尚远不如预期。

CASR不是、也不可能替代科学家的创新思维，但是可以有条件地替代科学家的某些脑力劳动，最大限度地节约科学家的时间和精力，使科学家在研究成果产生之前、之中、之后，都能够把时间和精力更多地集中于创新思维，用最有效果和最有效率的计算机辅助方法，验证科学家的各种新想法、新观察、新思路。

目前，各种计算机辅助技术，实际上扮演的早已不是辅助角色，而是主角，包括计算机辅助信息获取、计算机辅助建模、计算机算法和模拟软件、科学数据处理、数据可视化等。很显然，不同的学科，计算机辅助技术的内涵和技术各不相同，各有各的发展空间和发展方向。需要该学科的科学家和计算机科学家一起努力。CASR是典型的科学软件，是提高科学研究劳动生产率的有力工具，对于提高科学研究的质量、有效性、效率，以及加快科学研究探索和创新的速度都极为重要。科学软件的发展空间非常之大。比起工业软件来，科学软件的重要性毫不逊色，其对科学的发展和创新速度影响深远，作为软件产业向高端发展的重要方向，更应受到重视。事实上，当代科研创新的竞争，首先表现为“科学软件”的竞争。

参考文献

- 1 周宏仁. 全面提高信息化水平//中国信息化形势分析与预测（2011）. 北京：社会科学文献出版社，2011.
- 2 Leibniz G, Explication de l' Arithmétique Binaire, Die Mathematische Schriften, ed. C. Gerhardt, Berlin 1879, 7: 223; Engl. transl.
- 3 周宏仁. 中国进入网络化时代//中国信息化形势分析与预测（2012）. 北京：社会科学文献出版社，2012.
- 4 Lee J, Bagheri B, Kao H An. A Cyber-physical systems architecture for industry 4.0-based manufacturing systems. Manufacturing Letters, 2015, 3: 18–23. Doi:10.1016/j.mfglet.2014.12.001.
- 5 迈克尔·阿拉比, 德雷克·杰特森. 科学大师（下卷）. 陈泽加, 译. 上海：上海科学普及出版社，2003.
- 6 President's Information Technology Advisory Committee. Computational Science: Ensuring America's Competitiveness, June 2005. [2016-3-1]. <http://www.scribd.com/doc/105825174/PI-TAC-Report-Computational-Science-Ensuring-America-s-Competitiveness>.
- 7 2013年诺贝尔化学奖. [2016-3-1]. <http://baike.baidu.com/link?url=Igsi2poAaC47939PpXGoyb8VCgmpLfMt8DsYYss1x->

4CqZViJ6UIIMF-hVUL0A-T-piPZTe8crdm6EyWGEbtuF_

态. [2016-3-1]. [http://www.cnin.cn/qkbg/xxhgzt/qk/201407/](http://www.cnin.cn/qkbg/xxhgzt/qk/201407/t20140718_4160651.html)

8 周宏仁. 科学的数字化革命//中国科学院信息化工作动

t20140718_4160651.html.

Informatization: From Computer Science to Computational Science

Zhou Hongren

(Advisory Committee for State Informatization, Beijing 100010, China)

Abstract The origination and development of informatization over the past seventy years and the role of computer science has played within them are discussed. The three steps that the global informatization course has experienced, i.e., digitization, networking, and intelligence, are described, and the new development environment for the future of informatization, formed by the ubiquity of computer, network, data, and software, is emphasized. It is indicated that intelligence, or smartness, has become the new high ground of the global competition on informatization, and, in the meantime, computational science, instead of computer science alone, has been the scientific and technical foundation of the new step of global informatization. Accordingly, scientists of all disciplines, no matter with respect to natural sciences or liberal arts, cannot possibly keep out of informatization. 2013 Nobel Prize Winners for Chemistry shows that computational science is a powerful tool to open a new chapter for all disciplines and the digital revolution of science is the frontier of the development which any subjects must face today.

Keywords computer science, computational science, industrial internet, digitization of subjects, computer-aided scientific research

周宏仁 国家信息化专家咨询委员会常务副主任，研究员。1962年毕业于北京航空学院（现北京航空航天大学），1984年获美国明尼苏达大学电机系控制科学博士。主要研究方向包括现代控制理论、信息化理论与实践、信息化战略与管理、电子政务和电子商务等。E-mail: liaojin115@126.com

Zhou Hongren Graduated from Beijing Institute of Aeronautics (now Beijing University of Aeronautics and Astronautics) in 1962, received Ph.D. degree from University of Minnesota in 1984, Professor, serves as the executive vice chairman for State Informatization. His research mainly covers modern control theory, informatization theory and practice, informatization strategy and management, e-government, and e-business. E-mail: liaojin115@126.com