

科研信息化发展态势和思考^{*}



陈明奇¹ 褚大伟¹ 洪学海² 曹凝¹

1 中国科学院条件保障与财务局 北京 100864

2 中国科学院计算技术研究所 北京 100190

摘要 文章分析了科研信息化发展态势，认为当前科研信息化发展将进入第三阶段即“一体化”阶段，并将发展态势凝练为“五新”：大数据驱动科研范式变革成为“新亮点”，开放科学借力科研信息化成为“新趋势”，科研移动应用成为科研创新的“新动力”，科研信息化基础设施性能及规模加速发展和升级成为“新常态”，科研信息化推动企业创新和产学研协同创新成为“新模式”。指出了我国在科研信息化基础设施与应用领域面临的挑战；介绍了中科院在科研信息化基础设施、科学大数据、科研信息化应用3个方面的发展部署；提出了针对我国科研信息化的发展建议，包括建立国家科研信息化发展体系，实施国家级科研信息化工程，建设面向全国科技界提供科技资源和信息化资源的综合服务平台等。

关键词 科研信息化，科研范式变革，科学大数据，信息化基础设施

DOI 10.16418/j.issn.1000-3045.2016.06.003

1 国际科研信息化发展态势

当前科研信息化发展将进入第三阶段“一体化”阶段^①，即研究对象、过程等与信息化方法技术等融为一体。其主要特征是，所有创新主体，必须参与全球科研竞争与协作的大环境，创新方法、创新对象、创新模式等方面也将高度依赖物联网、移动互联网、大容量宽带通讯、大数据、智能计算等技术工具和协同环境。科研信息化的主要发展态势可以凝练为“五新”。

(1) 大数据驱动科研范式变革成为“新亮点”。科学研究进入“大数据”时代已经成

^{*}资助项目：中科院学部咨询项目（国家科研信息化发展战略研究）

修改稿收到日期：2016年6月12日

^① 科研信息化发展经历了第一阶段“工具阶段”和第二阶段“环境（平台）阶段”。即工具阶段是提供或利用纯粹信息技术工具，其主要特征是，科研工作者个体将最新的电子、信息技术等工具应用到自己的研究对象、研究工具和方法中；环境（平台）阶段是提供更好的信息服务环境（平台），其主要特征是，出现全球性的科研创新网络，引发更加激烈的全球科技竞争

为共识，大数据时代的科学研究呈现出数据密集和数据驱动的特点，须以数据为中心来思考、设计和实施，科学发现依赖于对海量数据的收集和分析处理。主要发达国家和地区均启动和部署了国家层面的、旨在推进和实施科研信息化的宏大计划和发展战略，积极向大数据科研演进。2012年奥巴马政府正式提出了“大数据研究与开发倡议”。2015年8月，我国正式发布了《促进大数据发展行动纲要》，要求“积极推动由国家公共财政支持的公益性科研活动获取和产生的科学数据逐步开放共享，构建科学大数据国家重大基础设施，实现对国家重要科技数据的权威汇集、长期保存、集成管理和全面共享。面向经济社会发展需求，发展科学大数据应用服务中心，支持解决经济社会发展和国家安全重大问题。”

（2）开放科学借力科研信息化成为“新趋势”。科研信息化成为开放科学必不可少的支撑条件。为推广科学知识，共享科技数据和设施，欧盟于2015年1月通过了“开放科学共享战略”，并在2016年优先支持。改善科研基础设施可以提高科学家的工作效率与质量。为实现这一目标，欧盟将为科学家创建可公开获取的平台、工具与服务。欧洲提出开放科学共享空间（Open Science Commons）方案，促进科学资源共享管理、帮助制定共享政策以及最大程度地实现科研成果转化。

（3）科研移动应用成为科研创新的“新动力”。无线宽带、新型可携带设备 and 创新网络服务的发展带动了移动计算的快速发展，也掀起了科研移动应用的浪潮。如2014年美国国立卫生研究院投建“移动传感器数据到知识（MD2K）”国家卓越中心，将开发创新性工具，以更轻松地采集、分析和解释移动与可穿戴传感器产生的医疗数据。用于科研数据处理的移动应用APP（如ChemDoodle、iProtein、DataAnalysis）等发展迅速。科研移动应用势必成为科研信息化的又一重要发展趋势。

（4）科研信息化基础设施性能及规模加速发展和升级成为“新常态”。全球科研活动和装置所采用的信息化硬件设施，其性能正全面升级。得益于精密芯片制造

和无线传感技术的发展，科研信息采集装置全面具备了无线传输能力，欧美发达国家已将无线传感器网络部署到城市、农田以及各类生态等科学研究区域中，全面搜集物理世界的各种特征信息。高速传输网络的通用带宽已达100 Gb/s，骨干传输速度向1 T发展，发达国家的高速科研专用网络传输能力和传输速度不断大幅提升。在海量数据存储方面，美国、日本、欧洲数据存储I/O吞吐速度已达100 Gb/s级。在高性能计算方面，美国、欧盟和日本均已启动了面向Exascale超级计算机的研究计划，据估计，E级超级计算机极有可能在2020年研制成功。

（5）科研信息化推动企业创新和产学研协同创新成为“新模式”。信息化和工业化的融合成为工业化发展的新特点，多主体、跨空间、泛资源协作模式成为企业创新重要形态。在面向国家产业升级、调整和企业创新主体的应用需求方面，科研信息化能够依托重大科技基础设施、重大科研装备等的协作，优化生产资料的配置和生产过程的协同，迅速形成市场化的研发制造的创新竞争力，推动新型生产组织不断孕育、演进和扩散，成为与经济社会发展深度融合、科研院所研发活动紧密链接的网络，是产学研协同创新的纽带和区域创新平台（体系）的有机组成。同时，面向大众创业和万众创新的应用需求，科研信息化能够借助网络技术与创新组织模式，通过设施共享、成果转化、知识传播等形式，充分释放全社会积累的科技资源，降低公众对各类科技资源的使用门槛，应用于以“创客”为代表的全社会创新活动，实现创新资源集聚、激发创新活力。

2 中国科研信息化发展面临的挑战

科研信息化是新一轮科技革命的引擎和显著特征。面对方兴未艾的信息化浪潮和日益激烈的科技竞争，如果我们忽视科研信息化，不仅面临信息化高端应用继续落伍的局面，而且意味着很可能在新一轮科技革命中无法抓住创新跨越的历史机遇。为解决当前我国科研信息化发展面临的诸多问题，我们应当抓住当前历史机遇，

大力发展科研信息化，促使科研和创新活动向个性化、开放化、网络化、集群化方向发展，不断优化创新生态，变革我国科研和创新组织及活动模式，大幅度提升我国科技创新能力，激发前所未有的创新活力，切实支撑国家创新驱动发展战略。但要看到，我国科研信息化发展还面临巨大挑战。

（1）缺乏连接我国科技创新要素的国家科研信息化基础设施体系。经过长期以来的不断努力，我国在科技创新方面形成了一系列的优势科技资源：以“天河二号”为代表的国家超级计算能力连续6年居于全球第一；以托卡马克、500米口径球面射电望远镜（FAST）及子午工程为代表的20余个国家重大科技基础设施，分布在全国各单位的科技数字文献资源经长期积累而形成的海量科学数据资源等。我国创新能力的深入发展，需要一个整体化“软能力”以实现全国科技创新资源的有效整合和共享，我们还缺乏能互联全国科技创新要素的专用高速科研网络，与科技活动相匹配的分布式存储与计算分析环境，打造科技创新集群化平台，无法有效服务于科研机构、高校、企业以及个人的科技创新活动。

（2）缺乏能有效支撑我国关键科技领域的科研信息化应用。能源短缺、环境污染、全球气候变化等问题是我国可持续发展面临的重大挑战性问题，这些问题的解决对大规模数值模拟有着迫切的需求。在促进传统产业转型升级方面，以数值模拟为手段的遴选与优化设计有广泛需求。例如，在航空工业领域，借助计算模拟开展多学科设计优化，可有效提高飞机性能，缩短研制周期，降低设计成本。在生命科学方面，个性化药物研究正在引领药物研究的第三次浪潮，美国在2015年初推出“精准医疗计划”，推动个性化医疗的发展，希望以此“引领一个医学新时代”。该计划特别指出促成“精准医学”发展的是超级计算机能力的提高，这使有关数据分析能力大大加强。在产生重大科学发现的前沿基础科学研究领域，高性能计算是不可或缺的重要手段。中科院高能物理所利用数据密集型网格平台在大亚湾中微子

实验中取得的成果被美国 *Science* 杂志评选为年度十大科学突破。当前，我国科研信息化基础设施已经在诸多领域发挥了极其重要的作用，如果能够加大应用力度，必将促进这些领域研究能力的进一步大幅提升。

（3）缺乏服务“一带一路”战略的国际化科研信息化基础设施。长期以来，欧美发达国家为了引领世界科技发展方向，发挥国际科技影响力，在国际科研基础设施方面牵头启动了一系列的重大计划。2015年10月，美国牵头共建了 Trans-Pacific 计划，开通了从美国至亚太地区的100 Gbps 的高速科研网络。欧盟也通过 ORIENT-plus 和 TEIN 等计划开通了与中国和亚太地区的10Gbps 专用高速科技网络。为了更好地发挥我国在科技方面的国际影响力，特别是在“一带一路”区域内的国际科技影响力，需要面向“一带一路”战略，牵头共建面向“一带一路”区域的国家科研信息化基础设施，利用专用高速科技网络连接“一带一路”区域内的科技资源，聚合区域内的科技能力，为“一带一路”区域内的国家和地区提供公共的科技服务，以科技融合带动区域经济融合，为我国大战略服务。

（4）当前发展还无法满足我国实施创新驱动发展战略的需要。党的“十八大”明确提出“科技创新是提高社会生产力和综合国力的战略支撑，必须摆在国家发展全局的核心位置”；强调要坚持走中国特色自主创新道路、实施创新驱动发展战略。实施创新驱动发展战略，科技创新是重中之重，是提高社会生产力和综合国力的战略支撑，必须摆在国家发展全局的核心位置。我国科技创新尤其需要更有效的科研方式和更现代化的组织模式，加速我国的理论创新和技术创新，并催生信息领域新技术的创新和应用，为我国的实施创新驱动发展战略提供源源不断的动力和源泉。

3 中科院对科研信息化发展的部署

作为科技创新的国家队，中科院引领我国的科研信息化发展责无旁贷，中科院计划在“十三五”期间采

取3方面举措。

(1) **建设国家级科研信息化基础设施平台。**面向我国科技创新,建设国家科研信息化基础设施,以深度整合中科院优势信息化资源为抓手,形成全国乃至全球信息化资源及科技资源汇聚能力,打造服务科技兴活动的科技云平台,面向全国科技工作者提供资源统一调度和用户自助服务,共享使用各类创新资源。

该平台将以中科院“率先行动”需求为牵引,深度整合中科院科技资源,牵引我国科技资源整合,打造以科技工作者为中心,以资源统一调度和用户自助服务为鲜明特色的信息化资源管理与服务云平台。

加强中科院网络、超级计算环境和海量云存储等公共信息化服务“硬”能力建设。进一步提升网络接入带宽,扩大接入范围;建立满足重大科技基础设施应用需求的高性能计算系统,建成国家级高性能计算基础服务环境,打造学科计算与可视化公共服务平台,实现科学计算一站式服务;整合提升分布式存储设施,提高有效支撑中科院科研工作的云存储公共服务系统和全院数据资产及应用系统的数据灾备系统;提升大数据应用处理与服务能力,推动国家科学大数据中心建设,推动基于大数据的学科创新和应用创新基础环境建设。

加快中科院信息资源池和软件资源池“软”能力建设的步伐,深度整合和挖掘利用中科院现有的数字化、网络化的科技资源,提升信息化服务水平,为“率先行动”提供坚实的资源和服务基础,为国家科技创新活动提供统一管理、开放共享的信息化基础环境。

(2) **发展科学大数据。**站在国家战略的高度和科技创新的前沿,把握前瞻性和科学性,充分利用中科院科研信息化建设形成的优势环境,推动科学大数据发展,推动国家科学大数据中心建设,为国家大数据发展行动提供原动力,实现中科院在科学大数据发展中的引领地位。

依据国务院《促进大数据发展行动纲要》和国家有关部门对科学大数据工程的相关部署,面向科学大数据科研发展态势和实际需求,基于“中国科技云”,构建

与大数据发展趋势相适应的科学大数据设施环境、治理机制、创新模式、重大应用和外延服务。其中,科学大数据应用服务将基于“中国科技云”研发部署的用于大数据管理、调度和处理的平台,为大数据的相关研发、分析方法、技术测试和应用服务提供基础环境;科学大数据应用服务示范是中科院各领域科学发展和应用的典型应用,将体现我国科学大数据应用的成效。

(3) **推动科研信息化应用。**利用信息化技术、基础设施和应用服务,为中科院科研活动提供新方法、新途径和新环境,推进科技创新与信息化的融合,支撑重大创新,引领各学科信息化应用的可持续发展,促进科研模式变革,显著提升中科院科研信息化应用水平。

围绕中科院四类机构改革以及科技创新的布局,着力从“三个维度”深化中科院科研信息化应用。(1)从探索支持四类科研机构的科研信息化应用,推动研究所(院)从整体上实现信息化技术、设施、资源和服务与科研活动的直接融合,在科研信息化实践方面,出现具有标杆示范性的卓越创新中心、创新研究院、大科学中心、特色研究所。(2)重点支持三类科研信息化应用,包括面向学科领域或研究所(院)的“科技领域云”,建立领域科研信息化服务平台。面向计算密集型、数据密集型科研信息化应用,服务重大科研产出。面向交叉融合领域的科研信息化应用,从中科院优势学科发展角度,兼顾学科特征与信息化的融合程度,推动不同融合程度的科研信息化应用。(3)大力推动科研信息化复合型应用人才的培养,建立中科院科研信息化人才优势。注重在教学和科研实践中,建立信息科技与各学科交叉的综合型、交叉型人才培养模式,促进信息化与各学科的深度融合,为科研信息化应用发展奠定坚实人才基础。

4 我国科研信息化发展建议

科研信息化是国家“创新驱动发展战略”以及“互联网+”战略的重要实践方式,是促使科研方式转变、提高科研效率和促进科研成果产出的强有力抓手,对原始

科技创新、产业协同创新和社会群智创新具有重要支撑意义，对国家创新驱动发展战略、科技创新发展战略、经济转型、人才战略等均具有变革性战略意义。为加快国家科研信息化发展，我们提出3点建议。

(1) **建立国家科研信息化发展体系**。实现国家科研信息化体系的整体规划和顶层设计，促使科研信息化融入并成为国家信息化的重要有机组成部分，全面带动各行业、领域信息化水平的提升，从而大幅度提升我国科技创新能力，切实支撑国家创新驱动发展战略。

(2) **实施国家级科研信息化工程**。建设先进的连接国内外重要科技资源的国家科研信息化基础设施。建立连接国家科技要素的超高速国家科技专用传输网络、以此为基础与“一带一路”区域各国共建国际科技合作高速网络、建立国家级科学计算与应用创新平台、国家级科学大数据应用服务环境、国家级知识服务平台，助力“大众创业、万众创新”。

(3) **建设面向全国科技界提供科技资源和信息化资源的综合服务平台**，打造需求牵引、有机统一、智能调度、开放共享、国际一流的服务环境。整合国内教育、

科技、企业研发机构的力量，发挥中科院拥有100多个科研院所的“科技国家队”的战略作用，共同推动国家科研信息化发展。实现在基础设施方面共建共享，面向国家重大需求，攻坚克难，充分发挥科研信息化促进科技创新、产业转型升级的作用，助力我国创新驱动发展战略。

参考文献

- 1 张亚平, 谭铁牛. 国家科研信息化战略研究咨询报告. 2015, 4-13.
- 2 谭铁牛. 科研信息化发展态势与发展模式分析. 中国科研信息化蓝皮书2016. 北京: 科学出版社, 2016. 325-331.
- 3 中共中国科学院党组. 决定中华民族前途命运的重大战略——学习习近平总书记关于创新驱动发展战略的重要论述. [2016-03-09]. http://www.qstheory.cn/qsxdwz/201401/t20140127_316842.htm.
- 4 习近平总书记在网络安全和信息化工作座谈会上的讲话. [2016-4-19]. http://www.cac.gov.cn/2016-04/25/c_1118731366.htm.

Development Trend of e-Science

Chen Mingqi¹ Chu Dawei¹ Hong Xuehai² Cao Ning¹

(1 Bureau of Facility Support and Budget, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100864, China;

2 Institute of Computing Technology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China)

Abstract This article analyzes the development trend of e-Science, considers that current research and development of e-Science will enter the third stage of integration stage, and also the development trend demonstrates “Five News”, i.e., big data drives research paradigm change, open science becomes the new trend by means of e-Science, mobile application drives the innovation, rapid development and upgrading of research information infrastructure performance and scale, and information technology promotes industrial innovation and collaborative innovation. This article points out the challenges of development of e-Science about cyber-infrastructure and applications. And the article also introduces the work and deployment on cyber-infrastructure and scientific big data and applications of CAS, and makes recommendations for development of e-Science in our country, including that our country should establish a national information system of research and development, implement national research information project, and build a comprehensive service platform to provide scientific and technological information resources and services to the national science and technology workers.

Keywords e-Science, research paradigm change, scientific big data, cyber-infrastructure

陈明奇 中科院条件与财务局信息化工作处处长。2000年6月获北京邮电大学工学博士学位。具体负责中科院信息化发展规划编制及实施,负责《中国科研信息化蓝皮书》编撰,《科研信息化研究与应用》编委。主要研究方向:信息化、科研信息化、网络与信息安全、信号与信息处理等。E-mail: mqchen@cashq.ac.cn

Chen Mingqi Received a doctorate degree of Engineering in Beijing University of Posts and Telecommunications in June 2000. Now he is Director of the Division of the Cyberinfrastructure Office of CAS, responsible for planning and implementing the Informatization Development Plan of CAS. He is also the Chairmen of editorial board of *China's e-Science Blue Book* and member of editorial board of *e-Science Technology and Application*. His main research directions are informatization technology, e-Science technology, network and information security, and signal and information processing. E-mail: mqchen@cashq.ac.cn

褚大伟 男,中科院条件与财务局信息化工作处业务主管,负责科研信息化、网络安全、信息化发展战略规划和研究。2012年获山东大学计算机应用专业硕士学位,现于中国科学院大学工程与信息学院攻读博士学位。主要研究方向:科研信息化发展战略、网络安全与PKI、统一身份认证等。《中国科研信息化蓝皮书》编委。E-mail: dwchu@cashq.ac.cn

Chu Dawei Male, received a Master's degree of Shandong University in June 2012 and now pursuing his doctoral degree in University of Chinese Academy of Sciences. Now he is an executive officer of the Division of The Cyber infrastructure Office of CAS, responsible for e-science, cyber security, planning and implementing the Informatization Development Plan of CAS. He is also the Chairmen of editorial board of *China's e-Science Blue Book*. His main research directions are development strategy of e-science, cyber security and PKI, Fast Identity Online. E-mail: dwchu@cashq.ac.cn