

学科信息化融合的调查研究

王卷乐^{1,5} 陈明奇² 田奋民¹ 柏永青^{1,3} 褚大伟² 李树仁⁴ 胡良霖⁴

(1. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101; 2. 中国科学院条件保障与财务局, 北京 100863; 3. 中国科学院大学, 北京 100049; 4. 中国科学院计算机网络信息中心, 北京 100190; 5. 江苏省地理信息资源开发与利用协同创新中心, 江苏南京 210023)

摘要: 在科研信息化时代, 为了获取不同学科信息化进程中的共性规律和需求, 本研究通过问卷调查和分析的方式, 以中国科学院为主体, 对20余个自然和社会科学学科与信息化的融合程度模式、发展需求与关键阻碍要素等进行调研。分析发现: 不同学科与信息化的融合程度有差异, 呈现高度融合型、适度融合型、应用结合型、松散耦合型的集聚特征, 关键技术支撑的需求相对突出, 信息化软环境则是其发展瓶颈。基于不同学科与信息化融合模式特征, 提出相应的对策建议。

关键词: 学科发展; 信息化; 科研信息化; 融合模式; 发展需求

中图分类号: G353.11

文献标识码: A

DOI: 10.3772/j.issn.1674-1544.2017.02.007

Study on Investigation of Discipline Informatization Fuse

WANG Juanle^{1,5}, CHEN Mingqi², TIAN Fenmin¹, BAI Yongqing^{1,3}, CHU Dawei², LI Shuren⁴, HU Lianglin⁴

(1. Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101; 2. Bureau of Facility Support and Budget, CAS, Beijing 100863; 3. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049; 4. Computer Network Information Center, CAS, Beijing 100190; 5. Jiangsu Center for Collaborative Innovation in Geographical Information Resource Development and Application, Nanjing 210023)

Abstract: In the e-Science era, in order to acquire the common features and requirements of informatization process of multi-disciplines, the questionnaire survey approach is used to analyze the fuse model, development requirements and obstacles for the information technology applying in discipline development. Totally, more than 20 kinds of subjects are surveyed in Chinese Academy of Sciences mainly. The analysis results show that: there exist overall trend that information technology is connected with discipline development more and more closely, while different subject has various fuse level with informatization. There exist regular pattern of

作者简介: 王卷乐* (1976—), 男, 博士, 中国科学院地理科学与资源研究所研究员, 研究方向: 资源环境科学数据集成与共享; 陈明奇 (1973—), 男, 博士, 中国科学院条件保障与财务局高级工程师, 研究方向: 信息网络安全; 田奋民 (1993—), 男, 中国科学院地理科学与资源研究所硕士研究生, 研究方向: 科学数据分类与可视化平台开发; 柏永青 (1992—), 男, 中国科学院地理科学与资源研究所硕士研究生, 研究方向: 干旱灾害时空分析; 褚大伟 (1979—), 男, 博士, 中国科学院条件保障与财务局高级工程师, 研究方向: 信息网络安全; 李树仁 (1972—), 男, 博士, 中国科学院计算机网络信息中心高级工程师, 研究方向: 信息安全风险防范; 胡良霖 (1973—), 男, 博士, 中国科学院计算机网络信息中心高级工程师, 研究方向: 数据库技术与标准规范、数据质量与数据服务。

基金项目: 中国科学院学部咨询评议项目“前沿与交叉学科科研信息化发展战略研究”(O7M74940F4); 国家科技基础条件平台课题“科学数据管理与开放共享的模式与方法研究”(Y5K50050AJ)。

收稿日期: 2016年12月16日。

various fuse characteristic in different subjects, which can be divided into 4 model types, i.e., highly fuse model, moderately fuse model, application-bound model, loosely-coupled model. There exist strongest demand for key information technology. The bottleneck of different models focuses on the soft environment of informatization. Related suggestions are proposed based on the analysis.

Keywords: discipline development, informatization, e-science, fuse model, development requirement

1 引言

当前，正处在信息化、网络化、知识化、全球化的时代，信息技术已经渗透到各个学科领域，促进了各学科之间的交叉、融合和发展，大大缩短了从科研到产业化的进程，日益显示出对科研、教育、经济和社会发展的强大渗透力和推动力，这也对学科发展产生深远的影响。随着数据密集型科学研究（e-Science）新范式的出现与日臻发展，科学研究日益成为数据驱动的知识发现活动，数据驱动的科学时代来临。实际上自20世纪90年代以来，以数据分析为主的学科“信息学”就开始蓬勃发展，各个学科领域数据的大量、快速增长，使得每个学科都出现了二元发展的态势——“计算X学”（Computational-X）与“X信息学”（X-informatics）^[2]。

学科信息化是指学科领域在科研创新中应用信息科学与计算科学的技术、方法和手段，进行科学数据收集、存储、处理、再分析、可视化和知识发现，从而创造新知识、发现新方法、提供学科战略咨询的学科交叉发展模式^[3]。科学界已经明确提出了生物信息学、生态信息学、生物多样性信息学、材料信息学、化学信息学、经济信息学、社会信息学、中医药信息学、水信息学、神经信息学、资源信息学、农业信息学、地理信息学等一系列专门学科信息学的概念，而且新的不同学科信息学还在不断被提出^[3]。然而，不同学科在与信息化融合的过程中，存在什么样的共性规律和特征？其发展需求和瓶颈有何差异？这些问题是影响和制约不同学科与信息化深度融合的基本科学问题。

国际上尚未有针对学科与信息化融合的专题调研，国内复旦大学针对我国高校信息化指标

体系进行问卷调查研究^[4]，教育部科技发展中心曾就高校科研信息化建设与应用现状开展问卷调查^[5]。但这些调查偏重于信息化的建设和综合应用，尚未针对学科主题本身开展信息化的融合调研。面对这一问题，在中国科学院学部咨询项目“国家科研信息化发展战略研究”等的统一部署和支持下，本研究以国家自然科学基金委员会和中国科学院共同编著的《未来10年中国学科发展战略》中所囊括的天文学、空间科学、地球科学、资源与环境科学、海洋科学、农业科学、能源科学、生物学、医学、脑与认知科学、信息科学、物理学、数学、力学、材料科学、化学、纳米科学、管理科学、工程科学^[6-24]等19个自然学科和社会科学（含哲学、新闻传播学、社会学、经济学等）共20余个学科的信息化进行调研，并基于问卷调查和统计分析，探讨我国学科发展与信息化融合的整体态势和模式特征，提出相关发展建议。

2 问卷设计、数据收集与预处理

围绕学科信息化发展的3个基本问题设计问卷调查内容。一是本学科与信息化的融合程度，包括4个选项：A. 信息化是本学科的本质需求，已融为一体；B. 信息化已是本学科无法取代的重要工具；C. 与信息化的关系并不紧密，但信息化能够促进本学科科研工作；D. 其他。二是本学科科研信息化的迫切需求，包括10个选项：A. 获得更多信息化项目经费支持；B. 获得更多文献、资料、数据获取方式的技术支撑；C. 改善信息化人才评价机制；D. 加强数据的标准规范建设，健全数据共享机制；E. 加强信息化科研基础设施，提高科研信息化公共服务平台服务能力；F. 研发高效率并具有自主知识产权的软件工具；G. 增加硬件

设备投入、加大网络带宽；H. 跨学科领域科研协同需求；I. 增加更多对外交流机会，学习更多信息化方法、手段；J. 其他。三是阻碍本学科科研信息化的因素，包括7个选项：A. 缺乏经费支持；B. 科研信息化人才队伍不足；C. 缺乏顶层设计；D. 缺乏数据共享政策、机制和标准规范；E. 缺乏信息化基础设施；F. 缺乏数据获取的先进技术手段；G. 其他。

问卷通过中国科学院计算机网络信息中心网络科普教育中心自主研发的“科研培训云平台”中的“网络调查”模块定制。问卷调查的发放由中国科学院网络中心整体运维支撑中心统一呼叫中心组织实施，共发送约1.2万封邮件。本次问卷调查发放的对象几乎涵盖了中国科学院13个分院的129个研究所。在调查对象中，院士为152人、百人计划人才为927人、国家杰出青年为580人（其中百人计划人才和国家杰出青年有重叠）等。除了科研人员以外，还包括少数的科研管理人员，诸如科技处、信息中心的管理和技术人员等。

本次问卷调查共收回问卷1077份，对空白

等无效问卷进行剔除，最终得到有效问卷1068份。按照学科进行分类，得到20个学科的投资问卷明细。

针对学科与信息化的融合程度，首先分学科统计分析其融合程度选项分布状况，在此基础上根据其共性和差异特点形成学科融合模式认知。在学科融合分类模式框架下，开展不同模式的学科信息化需求与阻碍因素调查分析。在分模式分析之前，首先解决问卷调查人员所属跨学科的情况。如果在一份问卷中，科学家选择了多个学科领域且所选的两个或两个以上学科属于不同的模式，则在各模式统计分析中均保留该所选学科的需求和阻碍因素选项。如果只选了一个学科领域，或者所选的两个或两个以上学科属于同一学科信息化融合模式，则只将该问卷调查结果统计一次，确保在同一模式下，调查数据不重复。

图1反映了调查对象所属学科的分布情况。总体来看，调研对象覆盖了所有相关学科，同时也存在一定的不均衡性，总体代表性较好。调查问题涉及的20个学科均有回收问卷。生物科学、信息科学、资源环境、地球科学的问卷占比例均

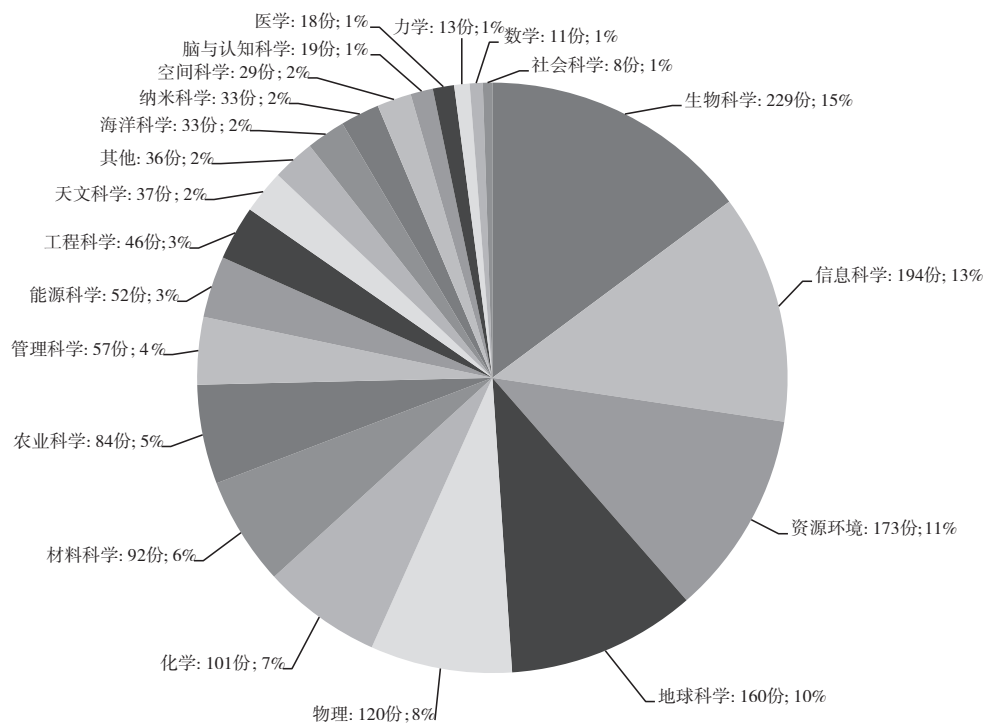


图1 问卷反馈学科分布图

在 10% 以上，物理、化学、材料、农业等学科问卷占比在 5% 以上。其他学科的数量所占的比例则低于 5%。以上反馈结果与中国科学院在生物、信息、资源环境、地球等学科领域的研究所数量和人员体量较大的总体格局相一致。因此，本调查问题样本具有较好的代表性。

3 学科信息化融合模式

图 2 反映了信息化与学科的融合程度的总体分布。50.8% 的学科选择“信息化已是本学科无法取代的重要工具”，32.7% 的学科选择“信息化是本学科的本质需求，已融为一体”。15.7% 的学科选择“与信息化的关系并不紧密，但信息化能够促进本学科科研工作”。可见，学科与信息化的深度融合占到了调查对象的八成以上（83.5%），这反映了当前学科信息化的总体趋势。其中，信息化已是本学科无法取代的重要工具比例，占到五成（50.8%）；信息化与学科融为一体的比例占到三成（32.7%）。这反映出二者融合还未处于主导地位，学科信息化还有一定的深化发展空间。

为进一步探究各学科与信息化融合程度的一般规律，对各学科的信息化结合程度进行图式表达，总结形成 4 种典型模式。分模式融合程序如图 3 所示。

模式一（高度融合型）：高度融合型模式的图示特征是，三元结构阶梯状特征明显，第一阶梯表示信息化与学科融为一体，第二阶梯表示信息化是无法取代的重要工具，第三阶梯表示信息化只是辅助性促进本学科科研工作。在这一模式中，信息科学最具代表性。在信息科学的调查统计结果中，“信息化是本学科的本质需求，已融为一体”占比最大，所占比例为 56.6%；“信息化已是本学科无法取代的重要工具”次之，所占比例 38.4%；“与信息化的关系并不紧密，但信息化能够促进本学科科研工作”所占比例最小，为 3.7%；其他占 1.2%。

模式二（适度融合型）：适度融合型模式的图示特征是，波状结构中主流特征显著，单肩特征明显，其主流特征是信息化已是无法取代的重要工具，信息学科与信息化的一体化融合（左肩）所占比例明显高于其作为辅助支撑（右肩）所占的比例，显示了其潜在的发展趋势。符合这一模式的学科有很多，包括天文、空间、地球、海洋、生物、能源、医学、脑与认知、数学、物理、化学、工程、管理等。以地球科学为例，“信息化已是本学科无法取代的重要工具”占最大比例超过 50%；“信息化是本学科的本质需求，已融为一体”次之，所占比例为 28.9%；“与信息化的关系并不紧密，但信息化能够促进本学科科

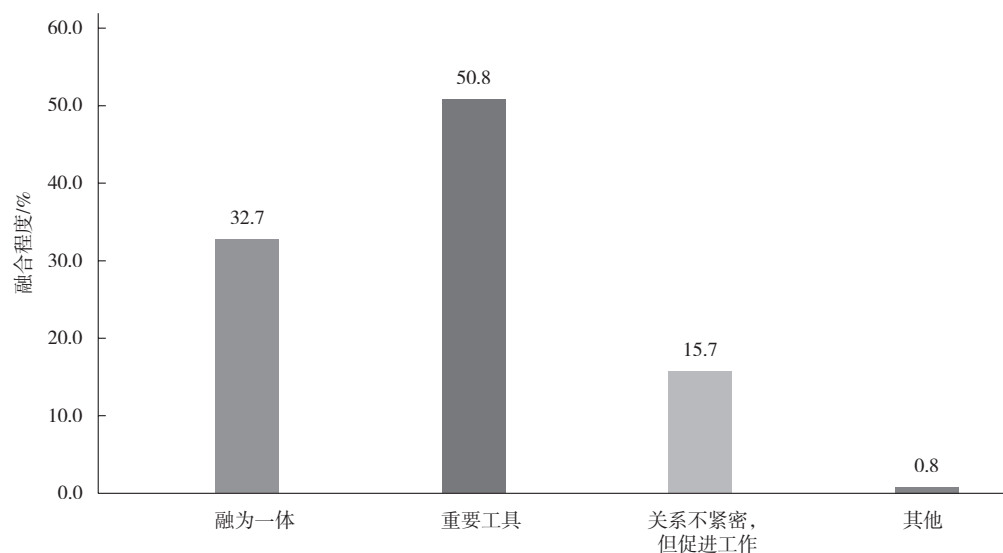


图 2 信息化与学科的融合程度总体分析

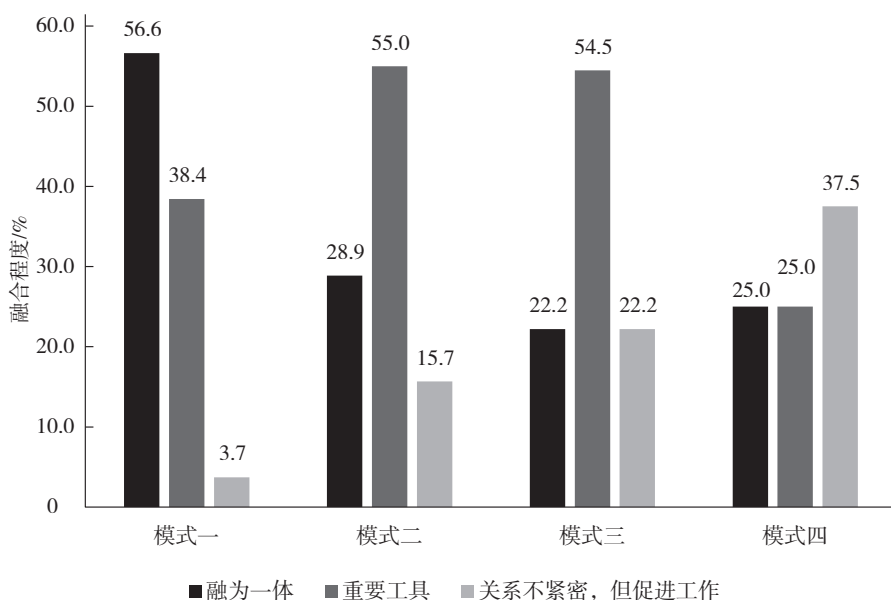


图3 分模式学科信息化融合程度

研究工作”占比例最小, 小于20%。

模式三(应用结合型): 应用结合型模式的图示特征是, 波状结构中主流特征显著, 平肩特征明显, 其主流特征是信息化已是无法取代的重要工具, 信息学科与信息化的一体化融合(左肩)所占比例与其作为辅助支撑(右肩)所占的比例相当, 不分伯仲。符合这种模式的学科包括资源环境、农业科学、力学、材料科学和纳米科学等。以材料科学模式为例, “信息化已是本学科无法取代的重要工具”占比例在50%以上, “信息化是本学科的本质需求, 已融为一体”“与信息化的关系并不紧密, 但信息化能够促进本学科科研工作”比例相同, 两者在各学科所占比例相当。

模式四(松散耦合型): 松散耦合型模式的图示特征是, 结构多元化, 不规则的波状结构中主流特征不显著, 信息化已是无法取代的重要工具、信息学科与信息化的一体化融合、信息化辅助支撑的比例或相当或突变, 无相对一致的态势。社会科学中“与信息化的关系并不紧密, 但信息化能够促进本学科科研工作”所占比例最大, 但仅为38%; “信息化是本学科的本质需求, 已融为一体”与“信息化已是本学科无法取代的重要工具”所占比例均为25%; 其他所占比例为12%。

4 学科信息化需求

不同模式对学科信息化发展需求如图4所示。

模式一的学科雷达图呈现橄榄型, 需求突出的两尖为“加强信息化科研基础设施, 提高科研信息化公共平台服务能力”和“获得更多信息化项目经费支持”。如图4a所示, 各学科信息化最迫切的需求是“加强信息化科研基础设施, 提高科研信息化公共平台服务能力”, 其所占比例达到了14.1%; “获得更多信息化项目经费支持”次之, 所占比例为13.2%; 而对于“获得更多文献、资料、数据获取方式的技术支撑”“跨学科领域科研协同需求”“改善信息化人才评价机制”“研发高效率并具有自主知识产权的软件工具”和“增加更多对外交流机会, 学习更多信息化方法、手段”的需求一般, 所占比例在11%左右; “增加硬件设备投入、加大网络带宽”仅占7.8%, 比例最低。

模式二的学科雷达图呈手枪型, 突出需求表现在“获得更多文献、资料、数据获取方式的技术支撑”, 而“加强数据的标准规范建设, 健全数据共享机制”和“加强信息化科研基础设置, 提高科研信息化公共平台服务能力”次之。如图4b

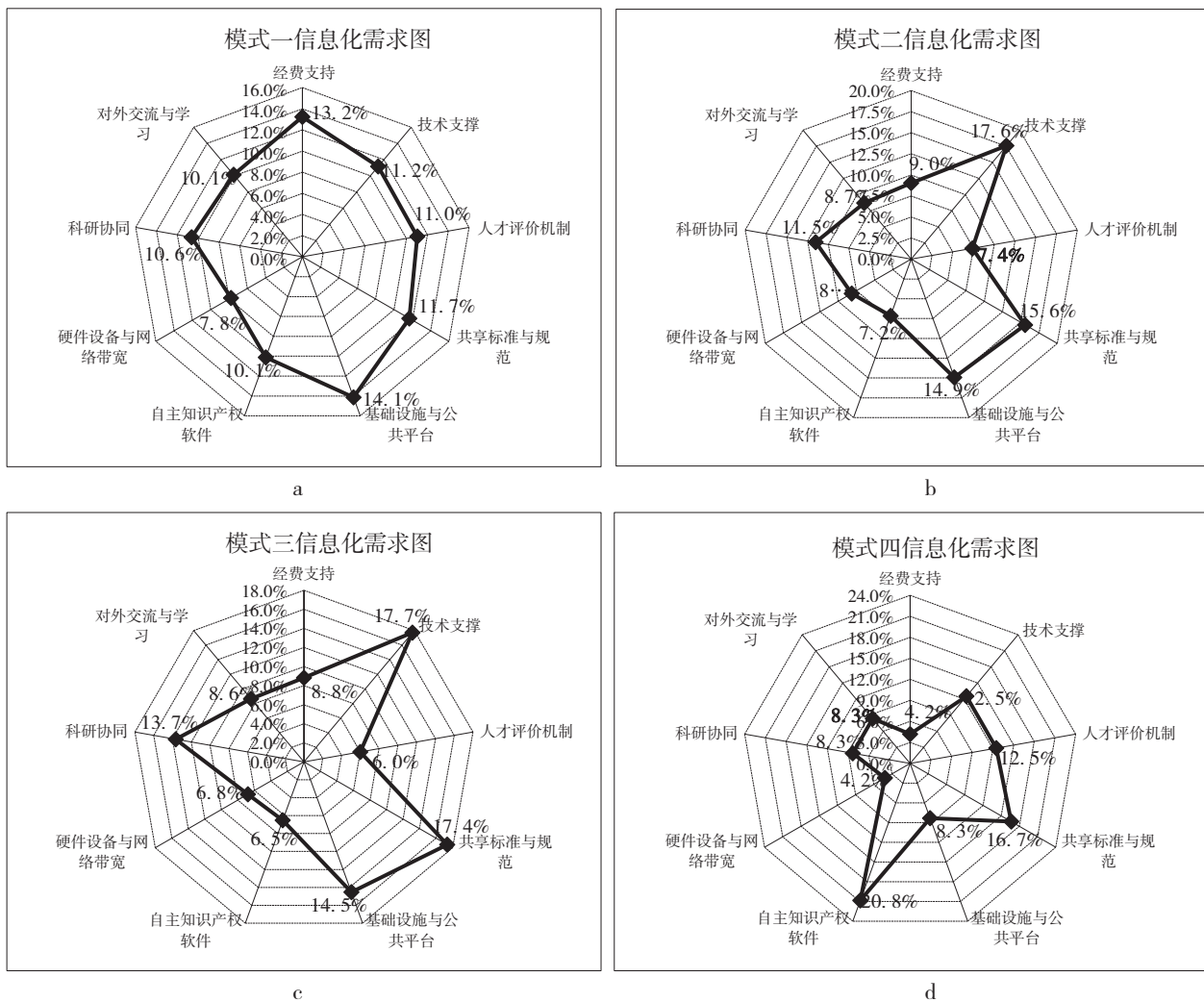


图 4 不同模式学科信息化发展需求分模式雷达图

所示，各学科需求之间的差异较大，对于“获得更多文献、资料、数据获取方式的技术支撑”需求最为显著，占到了17.6%的比例；“加强数据的标准规范建设，健全数据共享机制”和“加强信息化科研基础设置，提高科研信息化公共平台服务能力”的比例也分别占到了15.6%和14.9%，处于次高位置；“跨学科领域科研协同”需求占11.5%；其他需求，如“获得更多信息化项目经费支持”“增加更多对外交流机会，学习更多信息化方法、手段”以及“研发高效率并具有自主知识产权的软件工具”较低，所占比例在8%左右。

模式三的学科雷达图呈V字型。需求强烈的两尖为“获得更多文献、资料、数据获取方式的技术支撑”和“加强数据标准的规范建设，健

全数据共享机制”。如图4c所示，其中的各学科需求总体趋势与模式二相近，但是需求差异性加大。其中，“获得更多文献、资料、数据获取方式的技术支撑”和“加强数据标准的规范建设，健全数据共享机制”最为迫切，分别占比例17.7%、17.4%；其次是“加强信息化科研基础设施，提高科研信息化公共平台服务能力”和“跨学科领域科研协同需求”，分别占比例14.5%和13.7%；“获得更多信息化项目经费支持”“改善信息化人才评价机制”“研发高效率并具有自主知识产权的软件工具”“增加硬件设备投入，加大网络带宽”“增加更多对外交流机会，学习更多信息化方法、手段”的需求紧迫程度一般，所占比例基本在7%左右。

模式四的学科雷达图呈花边型。各方需求无明显规律性，呈波动特征。相对需求最强的是“研发高效率并具有自主知识产权的软件工具”。如图 4d 所示，各学科需求差异规律性不明显。在本调查样本中，显示相对需求最强的是“研发高效率并具有自主知识产权的软件工具”，所占比例为 20.8%；“加强数据的标准规范建设，健全数据共享机制”所占比例为 16.7%；“获得更多文献、资料、数据获取方式的技术支撑”和“改善信息化人才评价机制”所占比例各为 12.5%；“加强信息化基础设施，提高科研信息化公共服务平台服务能力”“跨学科领域科研协同”和“增加更多

对外交流机会，学习更多信息化方法、手段的需求”所占比例均为 8.3%；其他需求较低。

综上可见，各学科信息化需求最旺盛的仍然是关键技术、标准规范和公共平台而传统需求大的软件、硬件，甚至经费需求都排在较低的位置。在统计结果中，人才评价机制排名也较低，这反映了调查人群对这一政策的期望值降低，对提高这一评价体系的信心不足。

5 学科信息化的阻碍因素

各模式的信息化发展主要阻碍因素分析如图 5 所示。

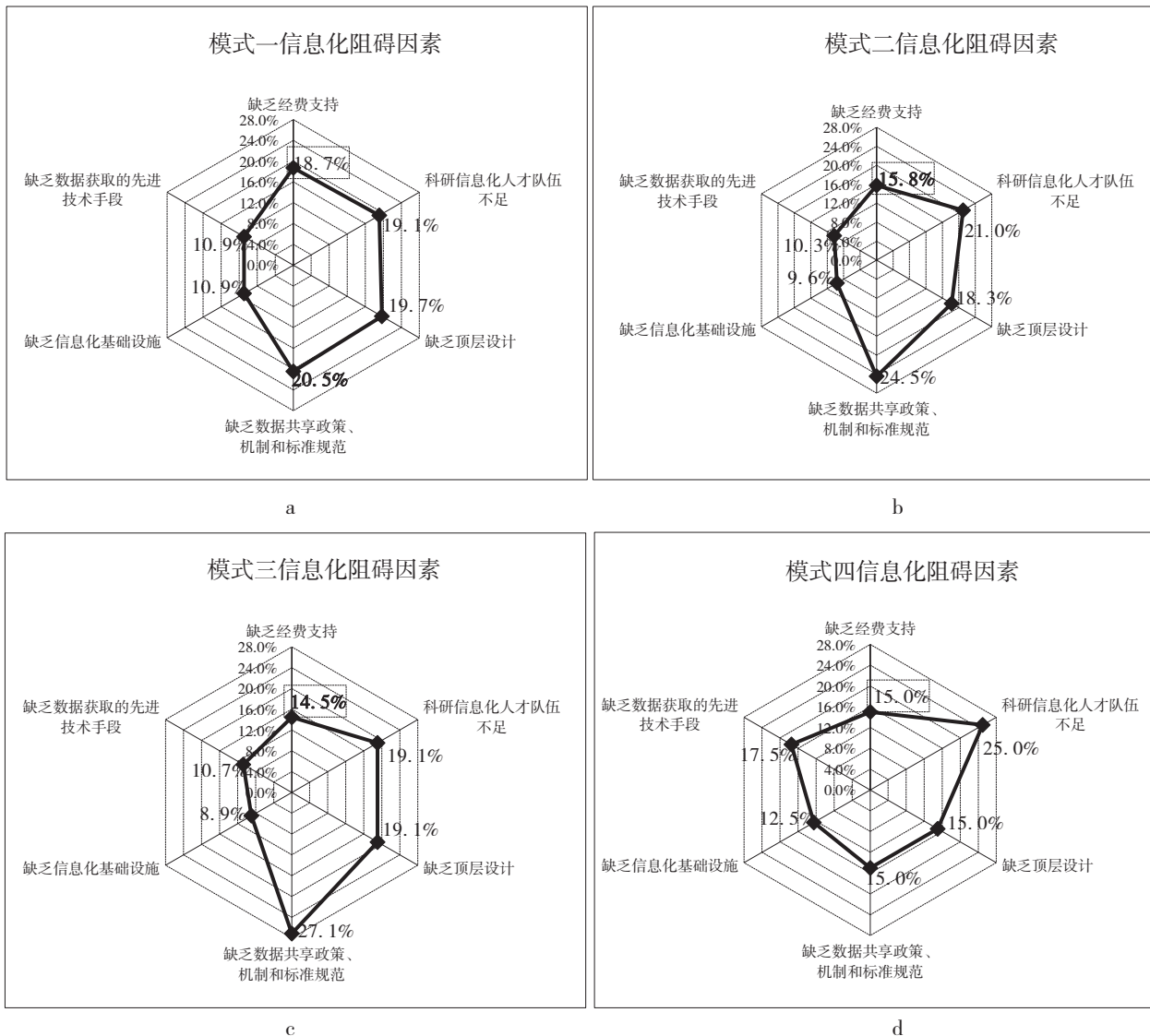


图 5 不同模式阻碍学科信息化发展的主要因素分模式雷达图

模式一的信息化阻碍因素雷达图呈不对称的橄榄型。需求大的一方突出在信息化软环境的相关要素，包括政策机制、标准规范、顶层设计、人才队伍和经费。如图 5a 所示，信息学科的科研信息化水平较高，没有明显突出的阻碍因素。“缺乏数据共享政策、机制和标准规范”“缺乏顶层设计”“缺乏经费支持”“科研信息化人才队伍不足”所占比例都在 20% 左右。另外，缺乏信息化基础设施和缺乏数据获取的先进技术手段所占比例较小，均为 10.9%。

模式二的信息化阻碍因素雷达图仍呈不对称的橄榄型，但差异加大。需求大的一方更加突出在信息化软环境的相关要素，包括政策机制、标准规范、人才队伍、顶层设计和经费，其中人才队伍的需求程度较模式一明显提高。如图 5b 所示，各阻碍其信息化的因素差异有所增加。作用最明显的是“缺乏数据共享政策、机制和标准规范”，所占比例达到了 24.5%。其他依次是“科研信息化人才队伍不足”占 21%，“缺乏顶层设计”占 18.3%和“缺乏经费支持”占比例 15.8%。作用较弱的因素有缺乏信息化基础设施和缺乏数据获取的先进技术手段，所占比例在 10% 左右。

模式三的信息化阻碍因素雷达图仍呈不对称的橄榄型，但差异进一步加大。需求大的一方仍然突出在信息化软环境的相关要素，包括政策机制、标准规范、人才队伍、顶层设计和经费，其各项需求程度较模式一和模式二明显提高。如图 5c 所示，各阻碍因素的作用差异进一步拉大。占最大比例的是“缺乏数据共享政策、机制和标准规范”达到 27.1%；“科研信息化人才队伍不足”“缺乏顶层设计”和“缺乏经费支持”次之，各占 19.1%、19.1%和 14.5%；“缺乏数据获取的先进技术手段”占 10.7%；“缺乏信息化基础设施”占 8.9%；其他因素只占 0.6%。

模式四的信息化阻碍因素雷达图呈手掌型，其需求最突出的一个“指尖”是“科研信息化人才队伍不足”，而在其他需求中，除了上述 3 个模式的信息化软环境要素外，“缺乏数据获取的先进技术支持”的阻碍作用明显。如图 5d 所示，

阻碍因素呈现出一个显著高点，即“科研信息化人才队伍不足”占到 25%；“缺乏数据获取的先进技术支持”次之，占到 17.5%；“缺乏顶层设计”“缺乏数据共享政策、机制和标准规范”和“缺乏经费支持”3 个因素的阻碍比例相当，均占 15%；“缺乏信息化基础设施”占 12.5%。

综上所述，传统的经费需求问题并不是信息化的突出障碍，瓶颈仍然集中在政策机制、标准规范、人才队伍和顶层设计方面；需求上最旺盛的关键技术和公共平台，在阻碍因素上却是最低的，这反映了从实际角度来看，技术尽管需求迫切但并不被认为是最难的，最难的仍然是政策机制、标准规范和人才队伍建设。

6 对策建议

本文通过在中国科学院院内逾百所科研单位、万余名高级科研人员中进行抽样调查，获得了 1000 余份科研人员对不同学科和信息化融合程度的判断意见。通过分析初步形成以下认识：学科与信息化结合紧密是学科信息化的总体态势，但融合程度有差异，二者融为一体尚不占主导地位。不同学科的融合程度有差异，呈现规律性模式特征，总体可分为高度融合型、适度融合型、应用结合型、松散耦合型。不同模式学科的信息需求特征差异显著，关键技术支撑的需求相对突出。不同模式学科的信息化发展瓶颈集中在信息化软环境，且学科与信息化结合的程度越松散，其软环境的需求越明显。基于以上分析，提出相应的对策建议。

(1) 认识学科信息化融合中的模式（四象限）特征，总体加强学科信息化中的软环境规划和建设，突破数据共享政策、技术标准、人才队伍、信息化发展顶层设计等发展瓶颈。

(2) 软环境的建设中优先开展国家层面的信息化战略研究与评估，制定科研信息化评价指标体系与科研信息化指数；建立促进国家科学资源共享与利用的立法和政策，制定并发布国家或行业领域科学数据开放和共享办法；制定学科科研信息化标准体系框架与标准指南等。

(3) 针对不同学科信息化融合模式, 加强高度融合型学科所需的科研基础设施和信息化公共平台; 加强适度融合型、应用结合型学科所需的文献、资料、数据获取方式的技术支撑; 加强松散耦合型学科的高效率软件工具支持。

(4) 鼓励学科与信息化融合催生的新学科。例如数据科学、资源信息学、生物信息学、医学信息学、信息史学等。

致谢: 感谢学部咨询项目专家组吴宜灿研究员、杨锐研究员、刘雷教授等专家的跟踪指导。感谢王凡、杨永峰、段晓男、王雨华、尚雷明等领导专家和专家指导。感谢中科院条财局各级领导的协调和指导。

参考文献

- [1] 中国科学院, 国家自然科学基金委员会. 未来10年中国学科发展战略: 总论[M]. 北京: 科学出版社, 2012.
- [2] HEY T. The fourth paradigm – data-intensive scientific discovery[J]. Proceedings of the IEEE, 2011, 99(8):1334–1337.
- [3] 张志强, 范少萍. 论学科信息学的兴起与发展[J]. 情报学报, 2015, 34(10):1011–1023.
- [4] 复旦大学信息化办公室. 中国高校信息化指标体系及考察细目调查问卷[EB/OL].(2010–12–31)[2016–06–12].www.edu-info.edu.cn/docs/20101231084046649976.doc.
- [5] 教育部科技发展中心. 高等院校科研信息化建设与应用现状调查问卷[EB/OL]. (2013–12–05)[2016–06–12].http://www.edu.cn/html/rd/kydc/.
- [6] 中国科学院, 国家自然科学基金委员会. 未来10年中国学科发展战略: 天文学[M]. 北京: 科学出版社, 2012.
- [7] 中国科学院, 国家自然科学基金委员会. 未来10年中国学科发展战略: 空间科学[M]. 北京: 科学出版社, 2012.
- [8] 中国科学院, 国家自然科学基金委员会. 未来10年中国学科发展战略: 地球科学[M]. 北京: 科学出版社, 2012.
- [9] 中国科学院, 国家自然科学基金委员会. 未来10年中国学科发展战略: 资源与环境科学[M]. 北京: 科学出版社, 2012.
- [10] 中国科学院, 国家自然科学基金委员会. 未来10年中国学科发展战略: 海洋科学[M]. 北京: 科学出版社, 2012.
- [11] 中国科学院, 国家自然科学基金委员会. 未来10年中国学科发展战略: 农业科学[M]. 北京: 科学出版社, 2012.
- [12] 中国科学社, 国家自然科学基金委员会. 未来10年中国学科发展战略: 能源科学[M]. 北京: 科学出版社, 2012.
- [13] 中国科学院, 国家自然科学基金委员会. 未来10年中国学科发展战略: 生物学[M]. 北京: 科学出版社, 2012.
- [14] 中国科学院, 国家自然科学基金委员会. 未来10年中国学科发展战略: 医学[M]. 北京: 科学出版社, 2012.
- [15] 中国科学院, 国家自然科学基金委员会. 未来10年中国学科发展战略: 脑与认知科学[M]. 北京: 科学出版社, 2012.
- [16] 中国科学院, 国家自然科学基金委员会. 未来10年中国学科发展战略: 信息科学[M]. 北京: 科学出版社, 2012.
- [17] 中国科学院, 国家自然科学基金委员会. 未来10年中国学科发展战略: 物理学[M]. 北京: 科学出版社, 2012.
- [18] 中国科学院, 国家自然科学基金委员会. 未来10年中国学科发展战略: 力学[M]. 北京: 科学出版社, 2012.
- [19] 中国科学院, 国家自然科学基金委员会. 未来10年中国学科发展战略: 数学[M]. 北京: 科学出版社, 2012.
- [20] 中国科学院, 国家自然科学基金委员会. 未来10年中国学科发展战略: 材料科学[M]. 北京: 科学出版社, 2012.
- [21] 中国科学院、国家自然科学基金委员会. 未来10年中国学科发展战略: 化学[M]. 北京: 科学出版社, 2012.
- [22] 中国科学院, 国家自然科学基金委员会. 未来10年中国学科发展战略: 纳米科学[M]. 北京: 科学出版社, 2012.
- [23] 中国科学院, 国家自然科学基金委员会. 未来10年中国学科发展战略: 管理科学[M]. 北京: 科学出版社, 2012.
- [24] 中国科学院, 国家自然科学基金委员会. 未来10年中国学科发展战略: 工程科学[M]. 北京: 科学出版社, 2012.