



“融合式研究”评价框架的应用与分析

——基于中国科学院的实践

肖小溪^{1,2} 陈捷¹ 徐芳^{1,2} 刘文斌³ 李晓轩^{1,2} 陈大明⁴
王跃⁴ 董瑜⁵ 杨艳萍⁵ 马廷灿⁶ 赵宴强⁶

(1. 中国科学院 科技战略咨询研究院, 北京 100190;

2. 中国科学院大学 公共政策与管理学院, 北京 100049;

3. 英国肯特大学 商学院, 英国 坎特伯雷 CT27PE; 4. 中国科学院 上海生命科学研究院, 上海 200131;

5. 中国科学院 文献情报中心, 北京 100190; 6. 中国科学院 文献情报中心(武汉), 武汉 430071;)

摘要:在科技创新驱动经济社会发展的大趋势下,融合式研究作为一种以解决重大经济社会问题为目标的科研新范式受到高度重视。该范式具有不同于传统科研模式的特点,因而传统的科研评价模型也不再与之相适应。如何开展融合式研究的评价是推动融合式研究的一个关键问题。中国科学院为落实“十三五”规划部署,探索建立了融合式研究的评价框架并开展了试点评价。

关键词:融合式研究;评价框架;中国科学院;生命与健康;能源

中图分类号:C939;G311 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-0241(2019)03-0018-13

0 引言

知识经济以来,主要科技国家都十分重视科学创新在经济社会中的影响(Way et al, 2013; EU, 2014; Kuhlmann, 2017)。在此背景下,融合式研究(convergence research)在以往的多学科(multidisciplinary)、学科交叉(interdisciplinary)、跨学科(transdisciplinary)、NBIC 会聚技术(NBIC convergence)、使能技术(enabling technology)、全价值链(full research)等理念和实践基础上,逐渐发展形成的一种科研新范式(NRC, 2009; MIT, 2011; NRC, 2014; Roco et al, 2013)。该范式致力于通过集成多种学科的范式、工具和方法来解决重大经济社会问题,相比于传统的多种学科的交叉研究而言,

对传统学科藩篱的破坏性重构更为彻底。近年来,美国国家科学院、美国科学基金会、美国麻省理工学院、欧盟委员会等先后发布多份报告,将融合式研究视为人类解决能源、环境、人口、健康、信息、安全等重大经济社会问题的希望所在(Sharp et al, 2017; Stahl, 2017)。

融合式研究的发展,对机构层面以及国家层面的管理、制度和政策提出了新的要求(Canizares, 2011; Sharp et al, 2017)。新的制度安排将改变以往融合式研究仅停留在个人层面、非正式层面的局面,使其更加制度化和常规化(Bainbridge et al, 2016)。科研评价作为“政策—布局—管理—监督—问责”整套制度安排中的重要环节,是当前推动

收稿日期:2018-08-10

基金项目:国家自然科学基金项目(71804176);中国科学院战略研究与决策支持系统建设专项项目(GHJ-ZLZX-2018-32-2)

第一作者简介:肖小溪(1983—),女,江西吉水人,博士,中国科学院科技战略咨询研究院助理研究员,研究方向:科技管理、科技政策。

通信作者:李晓轩, xiaoxuan@casisd.ac.cn

融合式研究的制度建设中的一个重要方面。由于融合式研究具有不同于传统科研模式的特点,因此,传统的科研评价模型也不再与之相适应。如何有效地评价融合式研究,成为推动融合式研究的一个关键问题。近期,中国科学院为落实“十三五”规划部署,探索建立了融合式研究的逻辑模型和评价框架(肖小溪等, 2018),并开展了试点评价。以下将重点介绍该评价框架在中科院试点评价实践中的具体应用方式和方法,为进一步丰富和完善融合式研究的评价理论和方法提供基础。

1 中国科学院融合评价试点的背景

中国科学院是我国自然科学最高学术机构、科学技术最高咨询机构、自然科学与高技术综合研究发展中心,是集科研院所、学部、教育机构于一体的国家战略科技力量,在解决关系国家全局和长远发展的重大问题上发挥不可替代的作用。目前,中国科学院共有 100 多家科研院所,覆盖完整的自然科学学科体系和部分社会科学学科。

立足于多学科综合优势,中国科学院在“十三五”发展规划中提出了 8 个重大创新领域(基础交叉前沿、先进材料、能源、生命与健康、海洋、资源与生态环境、信息、光电空间)的战略部署(中国科学院, 2017),与国际上“融合式研究”的发展趋势相契合。例如,能源领域涉及原理、技术、装备和系统等多个转化层次,每个层次的核心科学问题不同、尺度结构不同、涉及的学科也有所不同。原理层次的能源研究,涉及物理和数学两大学科,主要是在基本粒子、原子核、原子/分子尺度上开展研究;装备层次的能源研究,则涉及化工、机械、制造等学科,主要是在颗粒、聚团、单元操作的尺度上开展研究。此外,能源研究还需要理论、实验到计算等跨学科平台或中心的支撑。

为了推动“十三五”发展规划的落实,首先需要了解当前中国科学院在这 8 个重大领域现有的布局 and 水平。然而,传统上对于学科领域的评价主

要是基于学科划分的,无法以解决重大问题为导向,突破传统的学科壁垒,贯通创新价值链全谱带,评价中国科学院在这 8 个重大领域的水平和态势。因此,从融合式研究的特点出发,构建重大创新领域的评价框架,成为支撑中国科学院“十三五”发展规划的重要基础。在这样的背景下,2016—2017 年中国科学院以能源、生命与健康这 2 个重大领域为试点对象,从融合式研究的角度实施了融合式研究的试点评价(以下简称“中科院融合评价试点”),从国家、机构、团队 3 个层面分析中国科学院相比于国际同类机构的竞争优势和不足,为围绕重大创新领域的布局提供支撑。

2 理论框架和重点

融合式研究的特点可提炼为:融合式研究是为了解决重大问题所耦合的多类要素的集合,既贯穿创新价值链全谱带,又以多种学科的交叉和延展为基础,涉及官产学研等多类权益相关方,通过各类要素的耦合进一步催生出新的知识增长点乃至重要的融合性领域。传统的科研评价以学科分类为基本框架,难以判断融合式研究所涉及的学科之间的交叉融合、创新价值链上的关联贯通、权益相关方之间的协同合作等,更无法评价其解决重大问题的有效性。因此,在开展对国内外典型的融合式研究的案例研究以及组织试点领域的战略科学家和国内外科技评价专家反复研讨的基础上,中科院融合评价试点工作革新了传统科研评价逻辑框架,构建了反映融合式研究特点的评价框架(见图 1)。

该评价框架的重点是开展 4 个方面的评价。

(1) 对解决重大问题的效果进行评价,这是评价融合式研究的核心;(2) 对多种学科背景的人员之间的知识流交叉融合、传递、共享进行评价;(3) 对从基础研究到应用开发并最终解决重大经济社会问题的全谱带式科研和创新活动的融合程度进行评价;(4) 对微观、中观、宏观层面不同的

权益相关方之间的融合程度进行评价。为了开展这4个方面的评价,一方面要打破学科分类,将所有学科范畴内为解决重大问题提供了工具、技术或者方法的产出都应当纳入产出范畴,另一方面不能局限于论文和专利数据,还需纳入创新价值链后端的产出和成效数据(如商业化产品、市场规模等),同时不能将评价囿于学术界内部,而是延伸到各类相关的权益相关方。这些揭示出融合式研究的评价框架与传统的科研评价框架的本质区别。

依据上述评价框架开展融合式研究的评价,需要根据具体的评价任务和目的来决定以上4个评价模块具体怎样分配。本次中科院融合评价试点的主要目的是从融合式研究的视角比较中科院和国际比照机构在能源、生命与健康两大重大创新领域上的布局,协助中科院“十三五”战略规划的落实,因此以上4个评价模块都应以支撑布局分析作为评价焦点。以下将具体阐述中科院融合评价试点中的关键步骤和主要结果。

3 中国科学院的案例分析:关键步骤和主要结果

本次中科院融合评价试点包含5个关键步骤:定义融合式研究的产出边界、对比中科院和比照机构在解决重大问题上的研究主题布局、对比中科院和比照机构在跨学科融合上的布局、对比中科院和比照机构在跨学科融合上的布局、对比中科院和比照机构在创新价值链融合上的布局、对

比中科院和比照机构在权益相关方融合上的布局。以下以相关案例对这5个关键步骤的分析方法进行详细介绍并给出主要结果。

3.1 定义融合式研究的产出边界

传统科研评价对于产出和成效的界定一般是基于学科分类。仅以论文产出为例,通常是按照特定的学科划分标准(如ESI的22个学科)找出属于特定学科的期刊上所发表的论文并分析其数量和质量。融合式研究的多学科性使得其科研产出必然不拘泥于单一学科,其论文刊载的期刊也难以用特定的学科划分标准限定。并且,传统上科研产出主要集中在论文和专利,对于其他产出来源的分析则很少,而评价融合式研究重在分析重大问题的解决效果,商业化产品和市场规模等数据的产出来源不可或缺。因此,开展本次中科院融合评价试点,首先需要合理界定融合式研究的产出边界。

本次中科院融合评价试点中界定融合式研究的产出的总体思路是:以重大问题为基本导向构建产出的关键词,通过这些关键词搜索所有可获得的各类产出数据,包括论文、专利、标准、原型、产品、市场规模、企业利润、进出口额等,开展大数据分析。这种做法一是摒弃了先划定学科然后在该学科中找产出的做法,以关键词为线索在所有学科中寻找产出,二是尽可能扩充了产出来源,特

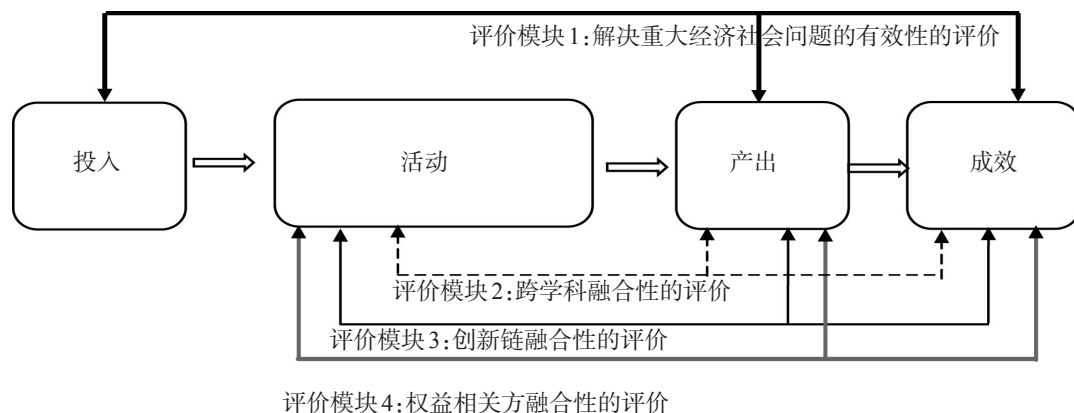


图1 融合式研究的评价框架

别是重视那些与重大问题解决关联更为紧密的产品和市场数据。

以生命与健康这个重大创新领域为例,首先,对该领域有影响力的国内外战略规划文本和项目部署情况(如《“十三五”国家科技创新规划》、《国家自然科学基金“十三五”发展规划》、《中国至2050年人口健康科技发展路线图》、美国国立卫生研究院重大计划部署情况、欧盟“第七框架”重点资助内容(健康领域)等)进行文本分析和项目统计,初步提出生命与健康领域具有融合式研究特点的若干重大问题;进而,组织生命与健康领域的战略科学家,结合文本分析和项目统计情况,由战略科学家筛选并最终确定作为案例的18个重大问题;最后,由战略科学家和文献计量学专家共同提出分别表征这18个重大问题的关键词。

进而,结合生命与健康领域的特点,构建了知识类、技术类、临床类、产品类、奖励类和重大突破类共六大产出来源,覆盖了生命和健康领域从基础研究到成果产出的全链条产出(见表1)。以“肿瘤”这一重大问题为例,通过这六大产出来源,可以揭示从肿瘤致病基因和病理分析、肿瘤检测和诊断工具、肿瘤靶向药物开发,到肿瘤这一重大问题解决中取得的重大突破这一整条创新链上的产出。

其中,对每一类产出来源,都以代表重大问题的关键词为索引,在该产出来源中进行全面检索(而非局限于特定学科),检出所有可能的产出数据。仅以第一类产出来源为例,例如,为构建“转

基因玉米”这个重大问题的论文产出数据集,结合中科院相关领域的战略路线图研究以及文献情报专家的经验判断,形成了转基因玉米相关的若干关键词。在Web of Science数据库中以“全库”搜索的方式检索所有期刊上符合条件的研究论文,其中文献类型设置为“Article”、“Letter”和“Review”3种类型,时间为数据库入库年到2015年,共检索到7947篇转基因玉米相关的文献,形成“转基因玉米”的核心论文集。进一步,下载核心论文集所引用的所有参考文献共计121 794篇,形成参考文献论文集,反映了核心论文集背后的研究工作。该核心论文集和参考文献论文集一并构成了在“转基因玉米”这个重大问题研究中2个层面的论文产出,揭示了不同学科交叉融合共同解决这个重大问题形成的基础研究节点上的产出。

3.2 关于解决重大问题的研究主题布局比较

融合式研究的根本是解决重大问题,因此,在产出边界确定之后,不仅要比较中科院和比照机构围绕重大问题的产出情况,而且要比较中科院和比照机构在这些重大问题研究中针对的具体主题。换言之,传统上科研评价主要比较不同机构在特定领域的产出,而从融合式研究的评价视角则要具体比较不同机构在该领域的哪些具体主题上形成了优势布局。

以生命与健康这个重大创新领域为例,本次中科院融合评价试点首先分别比较了中科院和若干国际比照机构在该领域18个重大问题上的产出情

表1 生命与健康领域的全链条产出来源

产出类型	界定方法	数据库或资料来源
知识类	学术期刊文	Web of Science 数据库
技术类	授权专利	IncoPat、Thomson Innovation 等数据库
奖励类	该领域国际重大奖项	Warren Alpert Prize、Paul Ehrlich and Ludwig Darmstädter Prize、Gairdner Award、Louis-Jeantet Prize、Robert Koch Prize、The Lasker Award、Nobel Prize(生理学)等
临床类	临床试验研究	Clinicaltrial 数据库
产品类	进入市场的医药产品	Cortellis 数据库
重大突破类	权威期刊评选出的年度十大突破	《自然》、《科学》、《麻省理工技术评论》

况。篇幅所限,本文仅以系统生物学作为这18个重大问题的代表展示了比较的结果(见表2)。分析结果表明,中国科学院在系统生物学、合成生物学、结构生物学、非编码RNA、基因组编辑、生物传感、生物材料等主题的SCI论文产出与发达国家类似机构差距较小,在系统生物学、合成生物学、结构生物学、非编码RNA、表观遗传学、生物传感、生物材料、传染病、肿瘤、糖尿病、心血管疾病、呼吸系统疾病、免疫性疾病、神经退行性疾病等主题的发明专利数已超越了其他先进机构;但18个子领域的临床研究工作与其他国家的先进机构相比均有很大差距,临床研究很少;且在这些融合交叉领域中,中国科学院尚未取得国际上的重大突破与国际奖项(中国科学院,2017)。

进一步,本次中科院融合评价以生命科学研究为例,深入到更为具体的研究主题上进行布局分析,揭示中科院以及中国其他科研院所的优势力量在具体研究主题上的分布情况。具体而言,首先根据表3所示的高被引论文标准,筛选生命与健康领域顶尖期刊Nature、Science和Cell期刊中发表的与生命科学研究相关的高被引论文共3125篇;进而对这些论文进行人工阅读,并找出论文之间存在的3种关联关系(论文之间的引证关系、论文之间共有的关键词、论文作者属于同一个团队);最后,根据关联关系,绘制关联图谱(见图2),其中每个节点表示一个研究主题,节点之间的连线代表主题之间的关联关系。该图直观地展示了当前国际上生命科学研究的主要研究主题,并且清晰地展示出中科院(实心三角)以及中国其他科研机构(实心圆)的优势团队在研究主题上的分布。

3.3 关于跨学科融合性的布局比较

针对中国科学院和其他机构都涉及的研究主题,应进一步开展学科融合分析、创新价值链上的融合分析和权益相关方的融合分析,以分析中国科学院相比于其他机构的竞争优势和不足。

学科之间的融合情况旨在分析判断各相关学科的发展效果以及学科之间是否协同、能否相互支撑。前者重点是判断解决问题所需要的学科布局上是否存在“短板”,而后者是在前者基础上,进一步判断学科与学科之间是否存在有效的关联或支撑。本次中科院融合评价试点以论文为例,借助了论文之间的关联性并进行回溯分析来评价学科之间的融合程度。总体思路是:利用表征重大问题的关键词检索出相关产出(核心产出集),进而利用核心产出集数据中包含的引证关系(例如论文数据中的参考文献,专利数据中的参考专利和参考文献等),进一步检索出为核心产出集提供了理论或技术支撑的相关产出(第一层引证产出集);依此方法依次检索出下一层的引证产出集,直至引证产出集的数据收敛;对核心产出集和多层的引证产出集进行学科分布的分析,从而得出跨学科融合性的结论。传统的引文分析和近年来兴起的学科交叉评价,是开展这种跨学科融合性评价的重要基础,但已有方法都以学科分割为基础来对学科的多样性或聚合性进行测度分析(Rafols et al, 2012; Belcher et al, 2016;杨良斌等,2009;李江,2014;黄颖等,2016),本次中科院融合评价试点重点探索了以关键词为线索在全部学科中构建融合式研究的跨学科关联关系,以此为基础来开展中科院及比照对象在跨学科融合性方面的布局比较。

表2 2006—2015年系统生物学领域国际重要机构成果产出情况

研究机构	SCI论文/篇	发明专利/个	临床研究/个	产品开发/个	重大突破/项	国际奖项/项
美国国立卫生研究院	6 241	9	230	0	0	0
哈佛大学	7 407	57	2	0	1	0
中国科学院	5 528	346	2	0	0	0
马普学会	3 873	70	1	0	1	1
法国国家科学研究院	7 127	153	0	0	0	0

表3 生命科学研究关联图分析的高被引论文筛选标准

论文发表时间/年	论文被引频次（截至2017年4月20日）/次
2007	>1000
2008	>900
2009	>800
2010	>700
2011	>600
2012	>500
2013	>400
2014	>300
2015	>200
2016	>100

以能源领域的子领域“聚变等离子体物理”为例,首先根据相关关键词在WOS数据库进行全库检索(时间年度是1986—2016年),共检索出58 713篇论文,形成核心论文集。进一步,基于发文期刊所对应的学科(依据JCR学科分类体系),对核心论文集所涉及学科(数量)变化情况进行机构层面的统计分析。从中国科学院和美国能源部国家实验室的比较来看(见图3),这2个机构在该子领域主要涉及流体和等离子体物理、核科学技术、核物理以及材料科学、采矿及矿产加工等学

科。此外,中国科学院在电气电子领域也开展了相对较多的有关研究,美国能源部国家实验室在仪器仪表领域也开展了相对较多的有关研究。

按照上述步骤,进一步分析聚变等离子体物理前沿研究的背后有哪些学科提供了基础性支撑。通过检索上述核心论文集的参考文献,共得到185 030篇参考文献,构成参考文献论文集。基于参考文献的发文期刊所对应的学科(JCR学科分类体系),对参考文献论文集所涉及学科(数量)变化情况进行统计分析,考察聚变等离子体物理前沿研究背后的支撑性学科的变化情况。结果发现,聚变等离子体物理前沿研究除了大量引用本领域的所需的基础理论、材料和仪器等学科(包含核科学技术、流体和等离子体物理、力学、应用物理学、仪器仪表学、材料科学等学科)的知识外,还较多地引用、吸收了数学、计算机科学、光学、原子分子与化学物理、工程电气与电子等学科的知识(见图4)。并且,在过去30年中,聚变等离子体物理前沿研究论文参考文献的来源越来越为广泛,表明

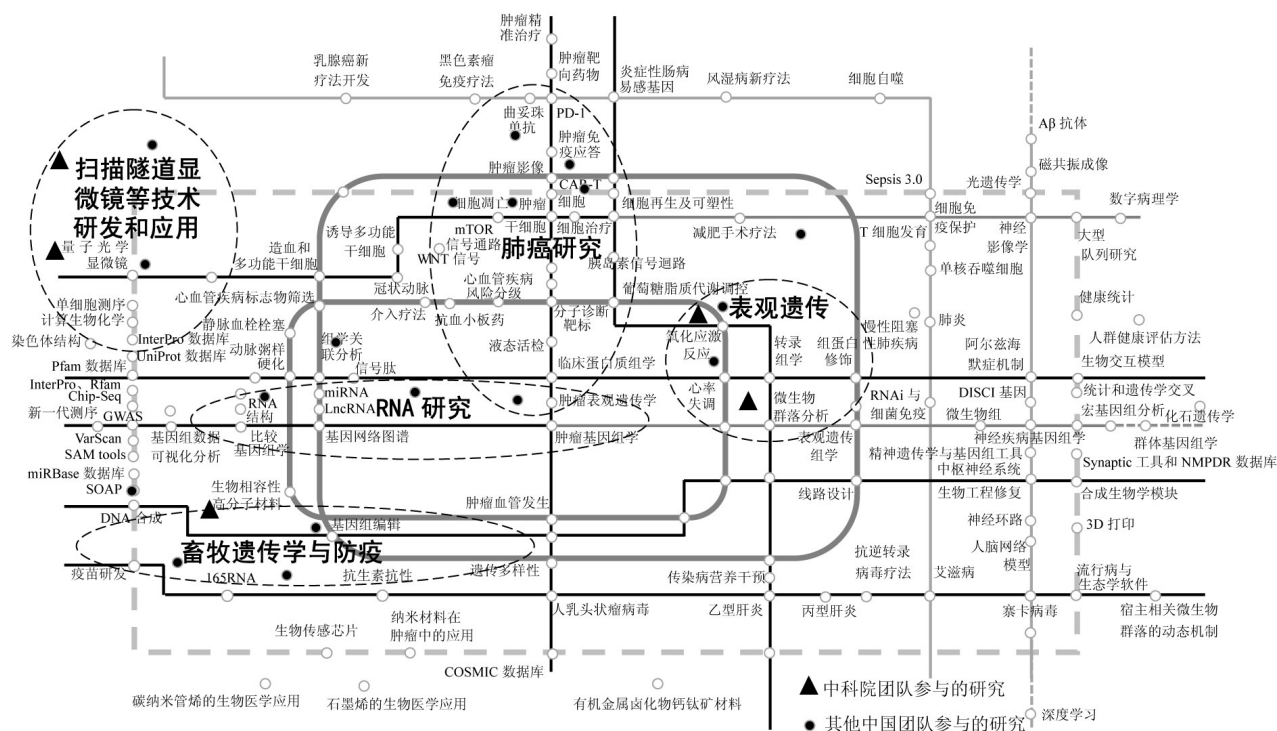


图2 中科院及中国主要优势团队在生命科学研究的具体研究主题上的分布

聚变等离子体物理前沿研究正在吸收、融合越来越多学科领域的研究成果,从而推动本领域的研究不断取得新的进展(见图5)。

3.4 关于创新价值链融合性的布局比较

创新价值链的融合分析重要是分析各类创新子系统(基础研究、技术开发、产品开发、市场推广等)的效果以及之间的相互支撑和协同。诚然,传统的科研评价方法对于基础研究或技术开发这2

个子系统的效果评价(如投入产出评价或者绩效评价)已经积累了广泛的研究,但是对于创新价值链后端的各子系统的效果评价还面临着数据缺失、方法不成熟等困难,如何评价各创新子系统之间的融合程度更是一个重大挑战。

本次中科院融合评价试点比较创新价值链融合性上的布局的总体思路是:通过考察全创新价值链上各类产出数据库的主要字段,建立不同类

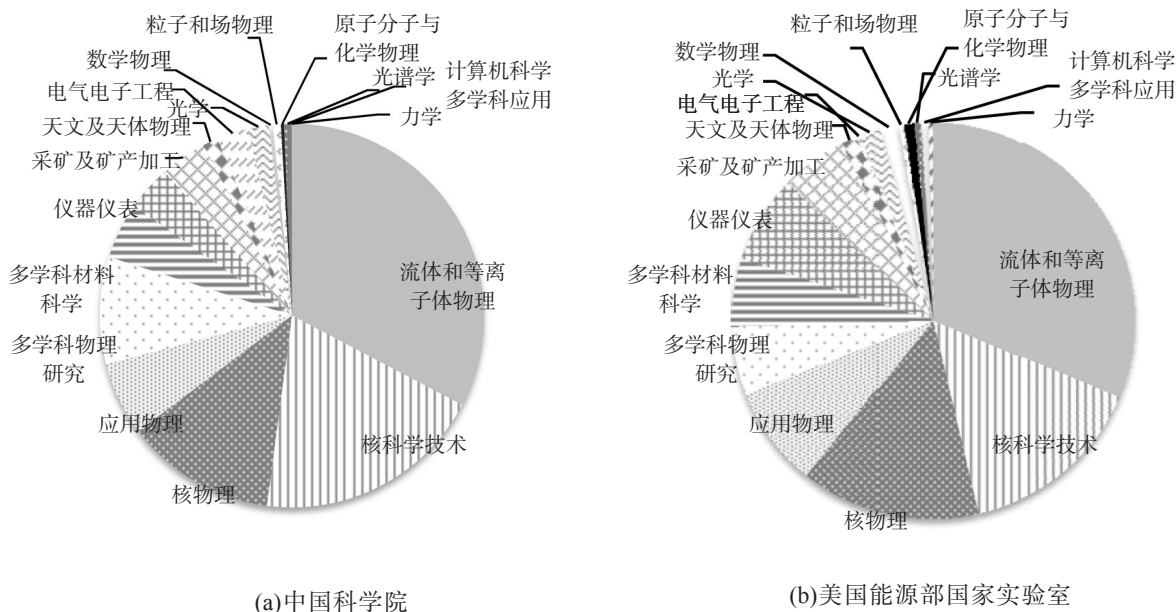


图3 中国科学院、美国能源部国家实验室在聚变等离子体物理前沿研究论文所涉学科结构的比较(基于1986—2016年的论文数据)

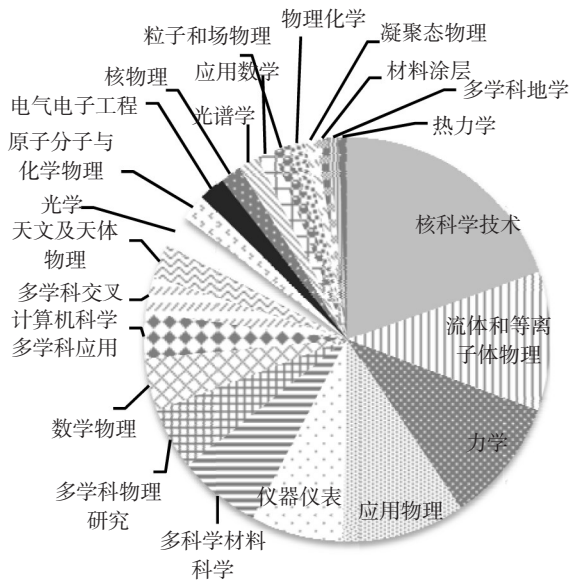


图4 参考文献论文集的学科分布情况(1986—2016)

型产出数据之间的关联性,并依据这种关联起来的全创新链数据对各创新子系统之间的融合性/协同性进行判断。该方法的研究基础来自于近年来创新价值链上的知识流动(知识转移)的研究,特别是对专利数据的向前关联(与论文数据关联)(Narin et al, 1997; Meyer, 2000; 吴菲菲, 2013; 程妮等, 2015)和向后关联(与产业数据关联)(Kortum et al, 1997; Lybbert et al, 2014; 黄鲁成等, 2014; 江洪等, 2014; 田创等, 2017)。但是,已有研究并没有实现从基础研究、技术创新到产业发展的全创新链的分析。本次中科院融合评价试点在这种全创新链的关联分析上进行了实践探索。

以“转基因玉米”这个重大问题研究为例,具体来看,本次试点评价首先利用转基因玉米相关的主题词在 Web of Science 数据进行检索,其中文献类型设置为“Article”、“Letter”和“Review”3 种类型,时间为数据库入库年到 2015 年,共检索到 7 947 篇转基因玉米相关的文献,其对应的参考文献为 121 794 篇。从参考文献来源数量最多的几个机构来看,美国农业部以 7 935 篇论文位居第一,中国科学院排名第 4,文献数量为 3 091 篇。同时,本次从 Thomson Innovation 数据库共检索到

2006—2015 年转基因玉米相关的 4 596 篇专利文献,其对应的参考文献中包括了 5 670 篇专利文献和 2 616 篇非专利文献。在非专利参考文献中,剔除了来源于基因数据库的基因序列、网站信息以及书籍等参考文献后,在 Web of Science 数据库平台匹配上了 980 篇论文文献。进一步通过对专利数据和论文参考文献数据的学科分类,得到基础研究-技术开发-产业应用的关联图(见图 6)。

该图展示,转基因玉米研究呈现出学科、技术、产业贯通融合的特点。一方面,从学科与技术的关联来看,转基因玉米的专利开发背后既有转基因植物、植物、植物生长调节剂、耐胁迫、抗虫性等专利的支撑,也有植物科学、遗传学、生物化学与分子生物学、交叉学科以及生物技术与应用微生物学等学科的基础性研究论文的支撑,体现了基础研究与技术开发的融合。其中,转基因植物的技术专利几乎融合了上述所有的技术和学科,是体现融合的典型。另一方面,从技术后续扩散和产业应用情况看,转基因玉米的专利主要应用在医药制造、农业以及化学原料和化学制品制造业等产业中。其中,在医药制造业产业分布最多,其主要的技术来源包括了转基因植物、载体、质粒

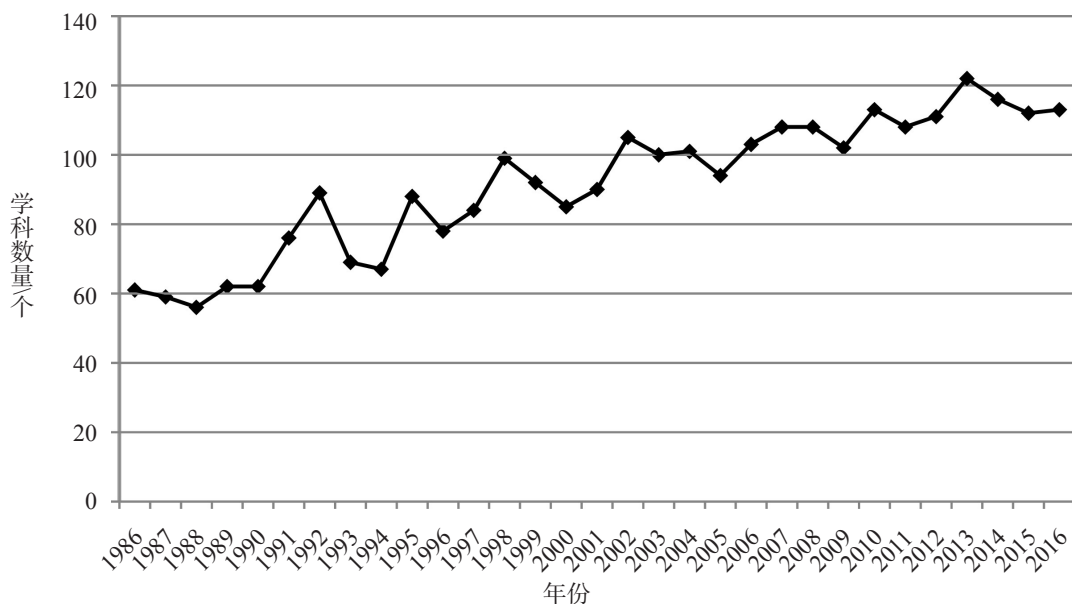


图5 聚变等离子体物理前沿研究论文参考文献对应学科数量变化情况(1986—2016)

等,主要涉及了医用蛋白质材料、赖氨酸等生产以及相关的基因工程方法。

具体到国家和机构层面的进一步分析显示,美国是转基因玉米的重要学科和技术来源国。转基因玉米相关专利所引用的论文文献来源数量最多的十大机构(见表4)中不仅有研究所、大学等公益性科研机构,还有孟山都、杜邦等大型跨国企业;其中,加州大学、美国农业部、孟山都和杜邦的论文数量位居前3。转基因玉米相关专利所引用的专利文献数量排名前10的机构(见表5)均为企业;其中,杜邦和孟山都的专利数量最多,这2个企业的专利文献数量的总和占了近一半的数量。中国科学院在这两方面都没有进入前10名机构的名单。

3.5 关于权益相关方融合性的布局比较

融合式研究涉及官产学研等多类权益相关方,各方围绕共同关注的重大应用问题进行互动与合作,发挥各自作用。目前国内外对于权益相关方融合性方面的评价实践较少,其原因在于国内外都缺乏对政府和用户等权益相关方在科研创新中的作用和效果的相关数据,难以有效支撑“官产学研”等各权益相关方之间的融合性评价。在这方面,本次中科院融合评价试点在微观层面探索实施了虚拟国际大会和发展脉络分析等新方法,局部分析了产学研等不同权益相关方在融合式研究中的融合性。其总体思路是:通过产出分析、专家鉴别等多种途径鉴别出重大问题解决中的优势力量,通

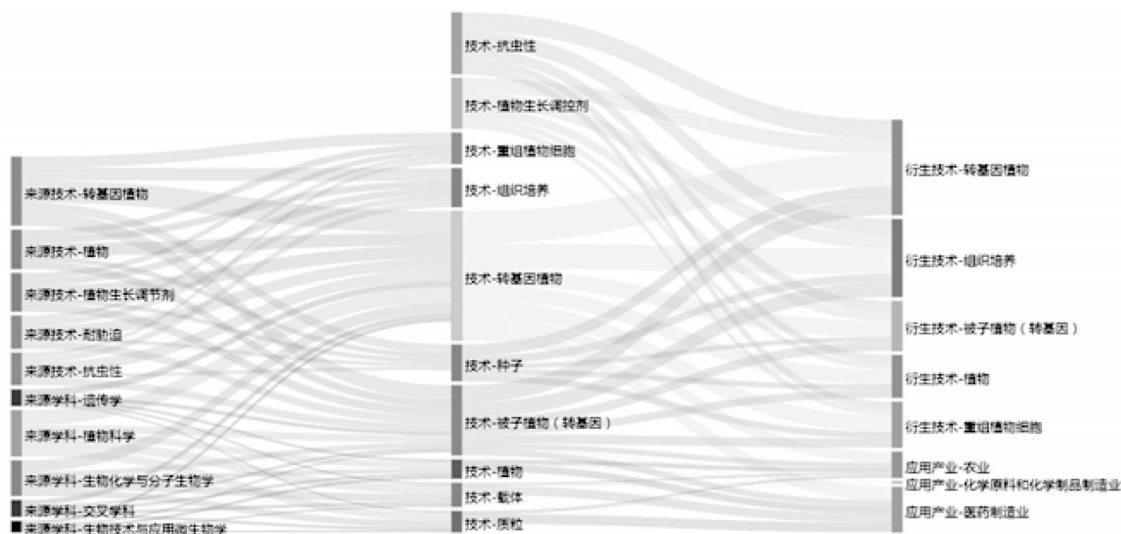


图6 转基因玉米的基础研究—技术开发—产业应用关联图

表4 转基因玉米相关专利所引用的论文

文献来源机构(前10个)分析

机构(国家)	论文数量/篇	论文占比/%
加州大学系统(美国)	50	5.1
美国农业部(美国)	46	4.7
孟山都(美国)	32	3.3
杜邦(美国)	32	3.3
约翰英纳斯中心(英国)	28	2.9
法国国家农业研究院(法国)	23	2.3
北卡罗莱纳大学(美国)	20	2.0
马普学会(德国)	20	2.0
爱荷华州立大学(美国)	20	2.0
康奈尔大学(美国)	20	2.0

表5 转基因玉米相关专利所引用的专利

文献来源机构(前10个)分析

机构(国家)	专利数量/件	专利占比/%
杜邦(美国)	818	23.1
孟山都(美国)	933	26.4
先正达(瑞士)	83	2.3
陶氏益农(美国)	92	2.6
孟德尔(美国)	42	1.2
拜耳(德国)	157	4.4
巴斯夫(德国)	33	0.9
日本烟草(日本)	32	0.9
Ceres公司(美国)	30	0.8
Hexima公司(澳大利亚)	23	0.7

过比较这些优势力量在科研机构、大学、企业等不同权益相关方的分布,对中科院以及比照机构在权益相关方融合性方面的布局情况进行比较。

具体来看,本次以“作物科学”为例,试点了以虚拟国际大会(virtual congress)方法(周建中等,2013)来识别重点团队的基本步骤如下:确定首批该研究方向的10名杰出科学家;请这些专家想象自己作为这个领域的国际会议组织者,每人推荐国际上该领域的国际知名科学家10名(第一轮推荐);联系首批专家推荐的知名科学家,请他们想象自己作为该领域的国际会议组织者,再请这些专家每人推荐该领域国际知名科学家10名(第二轮推荐);分析两轮推荐获得的所有知名科学家信息。最终,共有来自国内外31个机构的48名研究人员被提名,提名最多的机构是中国农业科学院,

共9人;其次是康奈尔大学、加州大学戴维斯分校和中国科学院,均为3人。其他提名机构还包括中国农业大学、华中农业大学、日本农研机构作物研究所、约翰英纳斯中心、国际玉米小麦改良中心。

发展脉络分析是通过对产出进行回溯分析,针对要解决的具体问题,构建从问题提出到问题解决的发展脉络,并以此找出该问题解决过程中发挥了关键作用的团队和个人。以第三代基因编辑技术(CRISPR/Cas9 系统)为例,通过相关专利技术的引用关系进行分析,并组织基因组编辑相关的专家进行专题研讨,共同绘制了CRISPR/Cas9系统的技术发展脉络图(见图7)。

梳理该脉络图中的专利归属机构发现,CRISPR-Cas9研究主要参与者分布在高校(美国麻省理工学院、哈佛大学、加利福尼亚大学、宾夕法尼亚

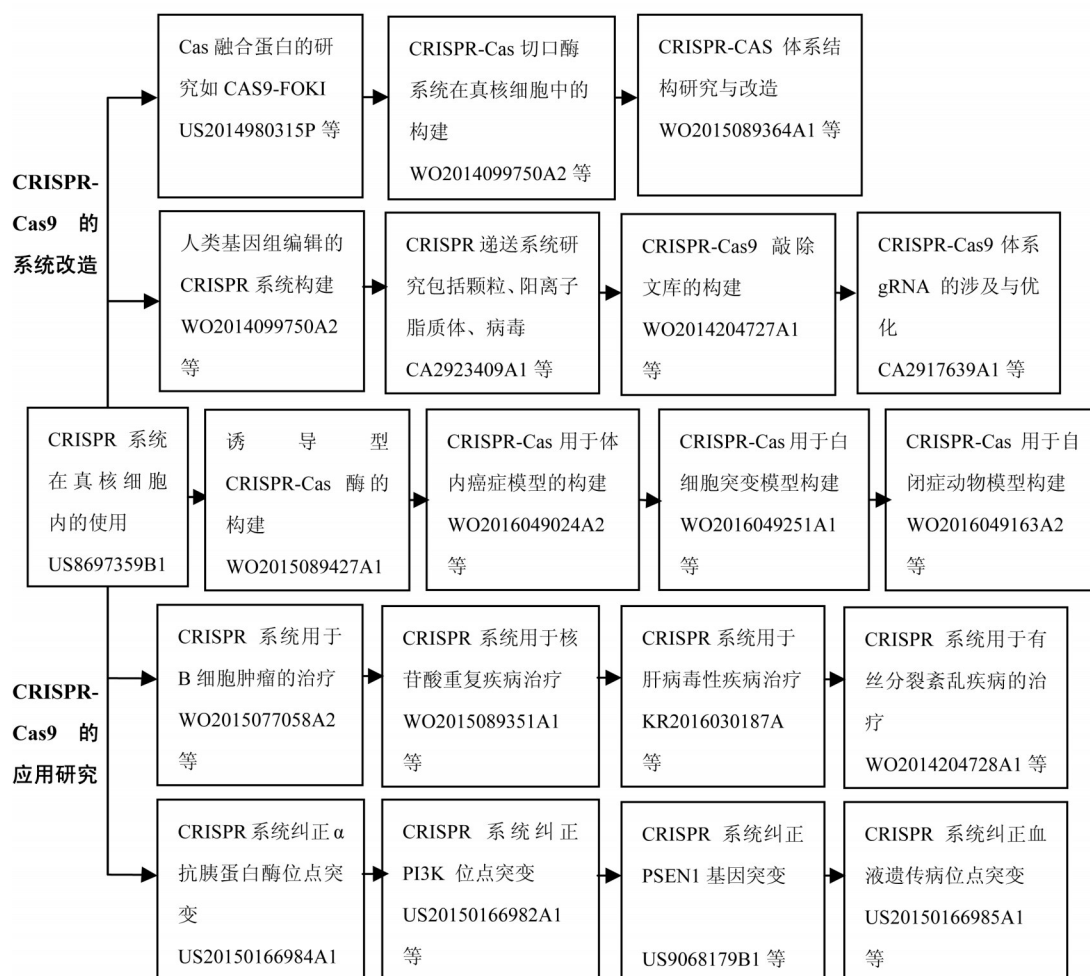


图7 第三代基因编辑技术(CRISPR/Cas9 系统)的发展脉络图

大学等)、研究机构(Broad研究所、Whitehead 生物医学研究所等)、企业(Sangamo Biosciences、陶氏益农、Collectis、Recombinetics等)、医疗机构(麻省总医院、加拿大多伦多病童医院等)等机构。中国科学院虽然已在基因编辑领域取得了很多成就,但从世界范围内来看还未占有足够的优势,在基因编辑体系的完善及应用领域有上升的空间。

4 结论与讨论

本次中科院融合评价试点构建了融合式研究的评价框架,探索了融合式研究评价在产出界定、研究主题分析、跨学科融合性、创新链融合性、权益相关方融合性5个关键步骤上的具体方法,并根据数据可获得性在能源、生命与健康这两大领域分别选择了部分重大问题或者研究主题,领先国内外同行率先开展了融合式研究的实证评价。试点的意义在于,通过具体评价方法落实融合式研究的评价框架,通过实证分析验证该评价框架和评价方法的可行性,为未来从融合视角更加系统、全面地开展中科院重大创新领域的评价提供基础。具体来看,此次试点主要取得了两方面成效。

一是操作化地界定了融合式研究的产出边界,并落实了研究主题分析,充分体现了融合式研究解决重大问题的价值导向,为科研布局的调整和优化提供了新视角。具体来看,产出边界的界定打破了学科壁垒,从解决问题的有效性方面来对国家和机构的产出进行界定和评价。研究主题的分析改变了以往科研评价只是以产出的数量和质量论英雄而不论产出结构(在研究主题上的分布情况)的做法,对于从解决重大问题出发而调整和优化国家或机构的战略布局具有重要意义。例如,生命科学研究的关联图谱分析结果标明,中国科学院乃至整个中国尽管在生命科学研究的论文和专利产出上已经处于国际领先水平,但是我国目前在生命科学的研究往往以“单点突破”为主,在表观遗传、肺癌研究、RNA研究、扫描隧道显

微镜、畜牧遗传学与防疫等方面形成了一些点上的突破,但要推动重大问题的解决,还需以重大问题为导向,形成可持续积累的“由点到线”、“由线到面”的研究格局。

二是在学科融合评价、创新价值链融合评价、权益相关方融合评价这3个方面分别实践了具体方法,分析了中国科学院以及中国在跨学科融合、创新价值链贯通、权益相关方协作等方面布局的优劣势。例如,对转基因玉米这个研究方向开展的从基础研究、技术开发到市场化的全链条分析揭示出,转基因玉米目前的研究和应用已经非常成熟,并且学科-学科、学科-技术以及技术-技术之间的交叉融合情况非常普遍。其中,美国的大学和企业分别在该领域的基础研究和技术研发的学科融合中发挥了主力作用,从而使得其在创新价值链的后端(商业化种植和生产中)处于垄断性地位。相比之下,我国转基因玉米研发始于20世纪80年代末期,已克隆出一批具有自主知识产权的功能基因,并于2009年批准发放了首张转植酸酶基因玉米的生产应用安全证书,但由于创新价值链上的优势布局缺乏短板,产业化进程较为缓慢,至今我国的转基因玉米还没有真正在生产上得到应用。

当然,通过本次中科院融合评价试点,也发现了评价融合式研究仍然面临的诸多问题和挑战。例如,如何采用智能化工具来解决对产出进行回溯分析时面临的大量数据采集的问题?如何更全面地纳入产品和服务方面的更丰富的信息?如何评价创新价值链后端的子系统(如产品子系统、市场子系统)与前端子系统(基础研究子系统、技术开发子系统)之间的融合程度?如何在发挥好专家智识判断和大数据分析各自作用的基础上,将两者进行有效结合?如何判断中观及宏观层面的管理创新和政策创新与微观层面的科研创新之间的融合效果?等等。这些问题都是融合式研究的

评价课题后续的研究重点。总而言之,本次试点在融合式研究的评价方法探索上取得重要进展,推动了融合式研究的评价理论和方法研究,同时,以能源、生命与健康两大领域中若干重大问题或研究主题为例开展的实证分析,也为中科院围绕解决重大问题的布局调整和优化提供了重要决策支撑。

参考文献

- 程妮,熊洋,官世强. 2015. 基于专利引文的知识转移研究:以我国“乳制品加工”领域为例[J]. 图书馆学研究,18:96-101.
- 黄鲁成,黄斌. 2014. 基于模糊集的国际专利分类与产业的关联性评估[J]. 情报杂志,7:76-80.
- 黄颖,高天舒,王志楠,等. 2016. 基于Web of Science分类的跨学科测度研究[J]. 科研管理,37(3):124-132.
- 江洪,王微,赵凯. 2014. 基于专利的领域技术知识流动网络特征分析:以LTE-Advanced 技术为例[J]. 情报杂志,33(8):64-69.
- 李江. 2014. “跨学科性”的概念框架与测度[J]. 图书情报知识,3:87-93.
- 田创,赵亚娟. 2017. 专利文献与产业类目的映射研究:以2015年度中科院专利与《战略性新兴产业分类》为例[J]. 知识管理论坛,2(1):22-31.
- 吴菲菲,黄鲁成,石媛嫒. 2013. 基于文献和专利相互引用的科学与技术关系分析[J]. 科学学与科学技术管理,34(10):13-20.
- 肖小溪,刘文斌,徐芳,等. 2018. “融合式研究”的新范式及其评价框架研究[J]. 科学学研究,36(12):131-138.
- 杨良斌,金碧辉. 2009. 跨学科测度指标体系的构建研究[J]. 情报杂志,28(7):65-69.
- 中国科学院. 2017. 中国科学院“十三五”发展规划纲要[EB/OL]. <http://www.cas.cn/yw/201609/W020160906628615831929.pdf>, 3-10.
- 中国科学院. 2017. 融合科学领域竞争优势国际比较分析报告(内部资料)[R]. 北京:中国科学院.
- 周建中,代涛. 2013. 美国研究领域国际标杆评估的方法与启示[J]. 科学学与科学技术管理,34(5):20-27.
- Bainbridge W S, Roco M C. 2016. Handbook of Science and Technology Convergence[R]. Berlin: Springer.
- Belcher B M, Rasmussen K E, Kemshaw M R, et al. 2016. Defining and assessing research quality in a transdisciplinary context[J]. Research Evaluation,25(1):1-17.
- Canizares C R. 2011. MIT Comments: Bioeconomy Blueprint[R]. Boston: MIT Press.
- European Union. 2014. Rome declaration on responsible research and innovation in Europe [EB/OL]. https://ec.europa.eu/research/swafs/pdf/rome_declaration_RRI_final_21_November.pdf.
- Kortum S, Putnam J. 1997. Assigning patents to industries: Tests of the Yale technology concordance[J]. Economic Systems Research,9(2):161-176.
- Kuhlmann S. 2017. Addressing Grand Challenges: Towards Transformative Science and Innovation Policy[M]. Vienna: EU-SPRI Forum.
- Lybbert T J, Zolas N J. 2014. Getting patents and economic data to speak to each other: An 'algorithmic links with probabilities' approach for joint analyses of patenting and economic activity[J]. Research Policy,43(3):530-542.
- Meyer M. 2000. Does science push technology? Patents citing scientific literature[J]. Research Policy,29(3):409-434.
- MIT. 2011. The Third Revolution: The Convergence of the Life Sciences, Physical Sciences and Engineering (White Paper)[R]. Washington DC: MIT Office.
- Narin F, Hamilton K S, Olivastro D. 1997. The increasing linkage between US technology and public science[J]. Research Policy,26(3):317-330.
- NRC. 2009. A New Biology for the 21st Century[R]. Washington DC: National Academies Press.

- NRC. 2014. Convergence: Facilitating Transdisciplinary Integration of Life Sciences, Physical Sciences, Engineering, and Beyond[M]. Washington DC: National Academies Press.
- Rafols I, Leydesdorff L, O'Hare A, et al. 2012. How journal rankings can suppress interdisciplinary research: A comparison between innovation studies and business & management[J]. Research Policy, 41(7):1262-1282.
- Roco M C, Bainbridge W, Tonn B. 2013. Convergence of Knowledge, Technology and Society: Beyond Convergence of Nano-Bio-Info-Cognitive Technologies[M]. Dordrecht: Springer.
- Stahl N Z. 2017. Fostering the convergent science revolution[EB/OL]. <https://www.tradelineinc.com/print/93846>, 11-3.
- Sharp P A, Hockfield S. 2017. Convergence: The future of health[J]. Science, 355(6325):589-589.
- Way M, Ahmad S A. 2013. The San Francisco declaration on research assessment[J]. Journal of Cell Science, 126(9): 1903-1904.

A Pilot Implementation and Analysis on Evaluation Framework for Convergence Research: Based on the Case of Chinese Academy of Science

XIAO Xiaoxi^{1,2}, CHEN Jie¹, XU Fang^{1,2}, LIU Wenbin³, LI Xiaoxuan^{1,2},

CHEN Daming⁴, WANG Yue⁴, DONG Yu⁵, YANG Yanping⁵, MA Tingcan⁶, ZHAO Yanqiang⁶

(1. Institutes of Science and Development, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China; 2. School of Public Policy and Management, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China; 3. Kent Business School, University of Kent, Canterbury CT27PE, UK; 4. Shanghai Institutes for Biological Sciences, Chinese Academy of Sciences, Shanghai 200131, China; 5. National Science Library (Beijing), Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China; 6. National Science Library (Wuhan), Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430071, China)

Abstract: In the current trend of encouraging science, technology and innovation to drive economic and social development, convergence research is regarded as a new research paradigm with the ultimate purpose of solving grand economic or societal problems. Distinct with traditional research paradigm, this new paradigm is not fit with traditional research evaluation framework, which means how to develop an appropriate evaluation framework for convergence research is one of the key tasks. In order to implement its 13th five year plan, Chinese Academy of Sciences has formed an evaluation framework for convergence research, and has completed a pilot evaluation based on this framework.

Key words: convergence research; evaluation framework; Chinese Academy of Sciences; life and health; energy