

· 专题:科学基金深化改革的政策与举措 ·

## 国外学科交叉研究的发展趋势及启示\*

樊春良<sup>1,2\*\*</sup> 樊天<sup>1,2</sup>

(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)

**[摘要]** 本文概括总结了当代学科交叉研究特点和趋势,对美国国家科学基金会(NSF)、英国研究和创新署(UKRI)和欧盟地平线 2020 计划学科交叉研究主要措施做了研究分析,提出对我国促进学科交叉研究发展有借鉴意义的若干结论。

**[关键词]** 学科交叉;会聚研究;社会挑战;美国国家科学基金会;英国研究与创新署;欧洲地平线 2020

科学上的重大突破、新的生长点乃至新学科的产生,常常是由不同学科的交叉渗透而产生的。当今学科交叉发展在科学自身发展的动力和社会需求的推动下,呈现出一些新的特点和发展趋势。美欧等科技发达国家纷纷采取一些措施,推进学科交叉的发展。本文概括分析当今学科交叉研究发展的特点和动力,研究英美欧等促进学科发展的主要措施,提出对我国促进学科交叉研究发展有借鉴意义的建议。

### 1 当代学科交叉研究发展的特点和趋势

学科交叉研究发展有两个基本的动力:一是在科学发展的内部动力下,在解决重大科学问题中,各学科形成交叉融合;二是需求驱动,在解决急需解决的社会重大问题中,针对其中特定的重要科学问题,汇聚不同学科力量集中攻关,如气候变化问题、环境问题。在这两个动力的相互作用下,当代学科交叉研究呈现以下一些新的特点和发展趋势。

#### 1.1 会聚研究正成为新兴的研究范式

科学的发展是学科交叉融合不断深入的过程,从单个学科发展,到多学科汇集解决科学问题,再到学科间交叉融合,产生新的问题、学科、方法、领域,发展到会聚(Convergence)。

关于会聚,早在 2002 年,就有学者从纳米层面

开始研究<sup>[1]</sup>。近年来,MIT、美国科学院等机构发表一系列关于会聚的研究报告,推动了关于会聚的研究<sup>[2,3]</sup>。

按照美国国家科学院的解说,会聚是一种通过跨越不同学科来解决问题的方法,这个方法融合了生命科学与健康科学、物质科学(物理学、化学、材料科学等)、数学以及计算机科学、工程科学等众多专业领域的相关知识、工具和思维方式,构建一个全面综合的框架,用以应对多领域交叉的科学与社会挑战。会聚包括两个既密切联系又截然不同的特征:相关专业知识的会聚;形成合作伙伴关系<sup>[3]</sup>。

美国国家科学基金会(NSF)认为,会聚研究有两个基本的特点:(1)由特定的和紧迫的难题驱动,无论这个难题是深层次的科学问题或是迫切的社会需求;(2)跨学科的深度整合。在解决共同的研究挑战中,不同学科的专家在知识、理论、方法、数据、研究共同体和语言逐渐融合或整合。在不同专业群体的持续交互中,形成新的框架、范式或学科<sup>[4]</sup>。

会聚建立在学科交叉研究的基础上,是学科交叉的一种扩展形式,是更多的学科、更深地融合。成功的会聚研究有四个关键的因素:人、组织、文化和生态系统。

收稿日期:2019-07-22;修回日期:2019-09-17

\* 本文根据第 235 期“双清论坛”的研讨整理。

\*\* 通讯作者,Email:fcl@mail.casipm.ac.cn

## 1.2 解决社会重大挑战问题成为学科交叉研究的主要动力

当今人类社会面临着重大挑战(Grand Challenges),如气候变化、灾害防治、自然环境退化等,是各国共同面临的问题。2015年,联合国提出可持续发展目标(SDGs),即到2030年全面实现的17个可持续发展目标。其他国家组织和一些国家的工业和科技战略也把应对重大社会挑战放在一个重要的位置,例如,欧盟2014年发布的《地平线2020》把应对社会挑战作为一个重要内容,英国2013年发布的《英国工业2050战略》(即《制造业的未来:英国面临的机遇与挑战》)把清洁增长、人口流动性和老龄社会作为其中重要的内容;德国2018年出台的《高技术战略2025》,把应对社会挑战作为三大领域之一。

宏大挑战带来的问题本质上是复杂的、跨学科的。应对社会重大挑战,不仅涉及科学和工程,而且需要社会创新、相关利益者合作和政府的政策。其中,涉及的科学技术问题常常是跨学科的或学科交叉的,例如资源退化问题。

## 1.3 自然科学与社会科学交叉趋势增强

随着人类面对新挑战难题的增加,同时有些既有的问题需要新的解决之道,如全球生物多样性的急剧下降、气候变化、人口的迅速增长以及世界海洋和水体的状况恶化,解决这些问题需要自然科学家和社会科学家的紧密合作,自然科学与社会科学的学科交叉融合进一步增强。突出的标志是国际科学理事会(ICSU)和国际社会科学理事会(ISSC)于2018年的合并,新的国际科学理事会(ISC)势必加强自然和社会科学领域的全球合作,这两个领域的合力奠定了可持续发展的3大基石:社会、环境和经济<sup>[5]</sup>。

## 1.4 学科交叉研究的发展需要相应的研究和创新生态系统

学科交叉研究的成功,需要在资助、组织、人员、教育和利益相关者合作等方面提供切实保障。随着学科交叉研究向会聚研究和解决重大问题的方向发展,促进学科交叉的发展需要在这些方面进一步创新,形成一个有利于学科交叉研究发展的研究和创新生态系统。各主要国家在资助、研究组织建设、文化和环境建设等方面纷纷采取新的措施或更新已有的措施,释放学科交叉的活力,解决面临的科学和社会上的重大挑战。

## 2 国外促进学科交叉研究的措施

世界各主要国家和国际组织都把促进学科交叉研究放在一个重要的位置,并采取有力措施,促进其发展。以下对美国NSF、英国研究与创新署(UKRI)以及欧盟促进学科交叉发展的措施做一一研究分析。

### 2.1 美国科学基金会促进学科交叉研究的措施

NSF一直重视学科交叉研究。在基金会、学部 and 项目三个层面有多种机制支持学科交叉的发展。近年来,NSF采取的两种新的主要措施是INSPIRE计划和会聚研究。

#### (1) INSPIRE 计划

INSPIRE计划是NSF整合支持促进跨学科研究和教育(Integrative NSF Support Promoting Interdisciplinary Research and Education)的缩写,于2012年设立。INSPIRE由整合活动办公室(OIA)、国际科学与工程办公室(OISE)以及所有学部共同资助,目的是解决传统学科交叉部分最复杂和紧迫的科学问题。INSPIRE没有明确的主题,涵盖的范围包括NSF资助的所有领域。

作为NSF现有资助学科交叉资助机制的补充,INSPIRE设立的目的主要是处理满足以下三条标准的申请:①科学进步不属于一个单一学科的范围,因此需要来自多个学科的实质性资助;②研究方向有望带来革命性的进展;③预期的发现存在于学科边界的界面上,可能无法通过传统的评审或联合评审来识别。INSPIRE不打算用于在其他NSF资助机制已得到很好资助的跨学科项目,或继续支持已经完善的实践做法。INSPIRE的目标,一是鼓励研究人员提出敢于冒险的、异于常规的想法,以这些想法写成的项目书在标准的NSF项目评议过程中可能处于不利地位;二是为NSF的项目经理们提供一个额外的工具,支持交叉合作和冒险性研究。INSPIRE还设立了专门的项目评审程序<sup>[6]</sup>。

#### (2) NSF 会聚项目

2016年,NSF提出未来投资的10大理念,代表NSF未来长期的研究议程,“会聚研究”是十大理念之一(这十大理念是:未来人机融合的技术前沿;NSF增强对会聚研究的支持;利用数据革命;中等规模的研究基础设施;探索新北极;NSF的2026计划;NSF多样性参与;量子跃迁:引导下一次量子革命;理解生命的规律;预测生物体的显性性状;宇宙

表1 首批 INSPIRE 项目资助名单

主持机构	主题	资助金额	联合资助者
伊利诺伊大学香槟分校	人类和昆虫网络中的异步通信、自组织和分化	\$ 999 850	SBE/BCS, BIO/IOS, ENG/CMMI
南加州大学	动物运动的动力学原理	\$ 973 963	SBE/BCS, BIO/IOS
路易斯安那州立大学	STAR:可扩展的工具集用于变革性天体物理学研究	\$ 799 682	MPS/AST, CISE/CCF
辛辛那提大学	寻找火花:对人类网络中自然创造力的系统研究	\$ 999 762	SBE/BCS, CISE/IIS
新墨西哥州立大学	在实验生物学研究中普遍采用无线传感器网络	\$ 800 000	CISE/CNS, BIO/IOS
塔夫斯大学	可吸收电子——材料、制造和建模	\$ 1 000 000	MPS/DMR, ENG/CMMI
莱斯大学	细菌决策的分子基础	\$ 1 000 000	BIO/MCB, MPS/PHY, MPS/CHE, MPS/DMR
北卡罗莱纳大学教堂山分校	一个生态驱动的战略,以确保人类和气候影响湖泊的可持续性	\$ 450 709	ENG/CBET, BIO/DEB, OISE
弗吉尼亚理工大学	DNA 制造过程的建模和优化	\$ 999 531	BIO/DBI, BIO/MCB, ENG/CMMI
科罗拉多大学博尔德分校	自然气候变化的非平衡统计力学:海面温度和海洋热含量	\$ 709 682	GEO/OCE, MPS/DMR, MPS/PHY, MPS/DMS
亚利桑那州立大学	用人造系统模拟生物学的功能复杂性	\$ 999 904	BIO/MCB, MPS/PHY, MPS/CHE, ENG/CBET

来源: <https://www.nsf.gov/od/oia/programs/index.jsp>。

表2 2017年 NSF 会聚研究投资组合的项目<sup>[7]</sup>

创新思路	会聚研究的投资组合
数据革命的治理	<ul style="list-style-type: none"> <li>• TRIPODS:为大数据模型驱动的发现打下基础</li> <li>• 改进决策的数据科学:在不确定性、因果关系、隐私和网络结构的背景下学习</li> <li>• TRIPODS:建立数据科学的基础</li> <li>• 面向 21 世纪数据科学教育的社会科学洞察 (SSI)</li> </ul>
探索新北极	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 导航新北极—了解北极地区未来的交通系统的研讨会申请</li> <li>• 新北极的适应能力和恢复力:通过融合,为人类和自然找到公平、理想的结果</li> <li>• 为西北航道做准备,一个关于新英格兰在新北极航行中的作用的研讨会</li> <li>• 建立北极和美国西南地区土著社区的数据科学知识联合生产网络</li> <li>• 协调一个跨学科研究网络,以确定北极永久冻土海岸侵蚀及其社会生态影响的挑战和解决方案</li> <li>• ANCHOR—北极沿海社区危害、观测和综合研究网络</li> </ul>
量子跃迁	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 合作:NSF/DOE 量子科学暑期学校—麻省理工学院,约翰霍普金斯大学,康奈尔大学,宾夕法尼亚州立大学</li> <li>• 研讨会系列:量子跃迁的跨部门连接</li> <li>• 量子元件安全通讯工作坊</li> </ul>
未来人机融合技术前沿	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 协作:关于人机交互过程中多模态人类学习数据的会聚研究研讨会(北卡罗莱纳州立大学,范德比尔特大学)</li> <li>• 自动驾驶对未来劳动力的影响:关于社会技术研究挑战、收益和机遇的研讨会</li> <li>• 形成人类技术伙伴关系研究,加强 STEM 工作者的参与的工作坊</li> <li>• 从制造到微制造:重塑工作,超越大规模生产在众包研究中融合人与技术的观点研讨会让“工作的未来”工作:一个关于技术工人文化、合作、合作社、企业家精神和数字劳动力的实验工作坊</li> <li>• 会聚对社会技术和日益自动化时代的工作环境的研究协调网络</li> <li>• RCN:通过基于系统的研究网络提高中小型农场的生存能力:将技术与可持续发展与实践联系起来</li> </ul>
理解生命的规则	<ul style="list-style-type: none"> <li>• RCN:影响生物多样性的跨尺度过程</li> <li>• RCN:探索的生命起源</li> </ul>

的窗口:多信使时代的天体物理学)。NSF 的会聚研究力图针对宏大的挑战,从一开始就提出具有挑战性的研究问题,并促进成功开展研究所需的合作。NSF 认为其在促进融合方面处于有利地位:与科学与技术的所有领域有着深厚的联系,数十年来一直在支持跨学科研究。会聚将以一种协调的、互惠的方式将科学学科融合在一起,并促进成功探究所需要的强有力合作,会聚建立并支持创造性伙伴关系和创造性思维。

NSF 于 2017 年发布第一批 23 个会聚研究项目,以应对“未来 NSF 投资的 10 大理念”中 5 个理念所蕴含的宏大挑战,这是一组最适合国家科学基金会广泛投资组合的前沿研究议程。这五个理念是:利用数据革命以及探索新北极、量子跃迁、未来人机融合的技术前沿以及理解生命的规律<sup>[7]</sup>。

NSF 认识到,学科的融合是一个过程,NSF 需要寻求促进团队之间的聚合方法,这些团队在各自学科之间具有不同程度的整合,并且准备在不同的阶段采用会聚策略。会聚项目有以下几个突出特点:会聚方法的需要,从事会聚研究的预备,知识、工具和思维模式的集成,下一代会聚研究人员的参与<sup>[8]</sup>。

## 2.2 UKRI 促进学科交叉研究的措施

UKRI 由英国研究理事会(RCUK)、创新英国(Innovate UK)和研究英格兰(Research England)三家机构整合而成,于 2018 年 4 月正式开始运行。其主要职能是统筹管理英国每年 60 亿英镑的全部科研经费,促进推动人类前沿知识的发现及理解,促进经济影响和社会繁荣,影响社会及文化朝着更加健康、更加丰富、更有韧性和更可持续的方向发展。

目前 UKRI 的资助机制主要包括以下计划:全球挑战研究基金(GCRF)、跨组织主题和计划、基础设施基金、国际交流基金和产业战略挑战基金(ISCF),其中前两项计划强调学科交叉<sup>[9]</sup>。

(1) 全球挑战研究基金(GCRF):通过学科和跨学科研究来应对全球挑战

GCRF 是英国政府在 2015 年底推出的一个 15 亿英镑的基金,用于支持解决发展中国家面临挑战的前沿研究。GCRF 将通过学科和跨学科研究来应对全球挑战,并将加强英国和发展中国家的研究和创新能力,为有迫切研究需求的紧急情况提供敏捷

的响应。其支持领域包括三个方面:一是公平的可持续发展,通过创造新知识,构建有助于海洋资源和农业资源及粮食系统安全可持续的系统;二是可持续的经济与社会发展,支持由于人口增长所带来的地方和全球挑战、环境和气候压力的相关研究,以及基于数字技术等产生的新的社会经济模式的相关研究;三是支持理解并有效应对难民危机、促进和平正义的人道主义行动、减少贫困和不平等的相关研究。

### (2) 跨组织主题和多学科计划

跨组织主题和多学科计划主要面向 10~20 年的重大研究挑战,主要包括战略重点基金和多学科计划。

战略重点基金(Strategic Priorities Fund, SPF)支持高质量的研究和发展优先项目,这些项目是处于研究和创新前沿的研究人员和商业机构确定的多学科和学科交叉项目。如果没有这个机制,这些项目就可能得不到资助。

SPF 力图确保好的想法得到支持,而这些想法在过去可能更容易受到组织边界的挑战;SPF 鼓励资助跨越 UKRI 理事会和政府部门间界限的研究,促进研究人员和决策者之间更加密切地合作,引导研究和创新共同体关注政府部门确定的重要问题。战略重点基金确保与其他资助方案不一致的具有战略重要性的研究和创新能够寻求直接支持。战略重点基金将提供一种机制,提高系统内部的灵活性,使资助者能够迅速做出反应,确保英国仍处于领先地位。

UKRI 内部的各研究委员会在多学科项目上有着长期的合作历史。多学科计划(Multidisciplinary Programmes, MP)是通过它的 9 个组织在一些优先领域协调开展多学科研究,这些领域包括:数字经济、能源、全球粮食安全、解决抗菌素耐药性、科技改变生活以及城市生活的伙伴关系。

每一个主题对于将产生的知识和技术人员来说都是重要的,并且具有产生经济影响的重大潜力。UKRI 通过对这些方案进行有效协调,加速提供效益和经济影响。

除了战略重点基金和多学科计划,其他跨机构主题及计划包括:处理塑胶、绿色的英国、工程年及心理健康网。

表3 UKRI 资助的多学科项目

项目名称	项目简介
数字经济(Digital Economy)	数字经济主题由 EPSRC、AHRC、ESRC 和 innovation UK 四个理事会合作完成。数字经济(DE)主题由 EPSRC 牵头,旨在应对数字技术的创新设计和使用如何为创新、健康的经济和包容性社会做出贡献的挑战。
能源	旨在通过世界级的研究和培训,使英国能够实现其能源和环境目标以及政策目标。短期内的关键挑战是迅速加快绿色能源技术的应用,使能源供应脱碳,并提高建筑、工业和交通部门的能源效率。发展现有的网络和基础设施,以支持不断变化的能源格局,例如通过碳捕获和储存以及大规模部署可再生能源。
全球粮食安全	为全球不断增长的人口提供安全、负担得起且营养丰富的食品,而且要保证地球能够一直持续下去。
解决抗菌素耐药性	抗菌素耐药性(AMR)是当今人类面临的最大挑战之一,但凭借全球科学家的集体力量,我们可以反击——这正是英国研究人员正在做的。英国研究与创新(UKRI)是克服抗菌素耐药性努力的核心。AMR 跨研究委员会的倡议已经成立,以发展跨学科的合作方法,在该领域有广泛的研究正在进行,包括最先进的计算机模拟传播感染和最先进的诊断技术。
技术接触生命(Technology Touching Life)	技术接触生命(TTL)是 BBSRC、EPSRC 和 MRC 共同发起的一项倡议,旨在促进跨学科研究,形成创新和潜在的颠覆性技术能力,从而推动世界领先的健康和生命科学基础发现研究。开发下一代先进的生命科学工具将需要工程和物理科学(EPS)研究人员与健康 and 生命科学(HLS)研究人员合作。
城市生活的伙伴关系	建立对英国特定城市/城区的挑战、机遇和未来愿景的综合理解,并为未来的研究和创新制定议程。

来源:UKRI 官网 <https://www.ukri.org/research/themes-and-programmes/>

表4 卓越科研的四个资助计划及其具体目标<sup>[10]</sup>

计划名称	目标
欧洲研究理事会(ERC)	提供具有吸引力和灵活性的资金,在欧盟范围内竞争的基础上,使具有才华和创造力的个体研究人员和他们的团队,在科学前沿尽可能地获得资助。
欧盟未来新兴技术计划(FET)	支持研究合作,以创新为基础扩大欧洲的产能。它将以一种全新的、高风险的思路来促进跨学科之间的科研合作,从而加快发展最有前途的新兴领域的科学技术,并在欧盟范围内促进科学团体的形成。
玛丽·居里计划(MSCA)	通过跨国界、跨部门的交换,为研究人员提供优质、新型的研究训练,以及具有吸引力的职业和知识交流的机会,使他们做好准备,面对当前和未来的社会挑战。
基础研究设施(包括 e-基础设施)	为欧洲 2020 年及以后发展基础研究设施,培养创新潜力和人力资本,并结合欧盟相关政策和国际合作,一起达成这些目标。

来源:<https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en>

### 2.3 欧盟“地平线 2020”

“地平线 2020(Horizon 2020)”是欧盟于 2014 年正式启动的为期 7 年(2014—2020)的框架计划。“地平线 2020”的目标是确保欧洲产生世界顶级的科学,消除科学创新的障碍,在创新技术转化为生产力的过程中,融合公众平台和私营企业协同工作。“地平线 2020”的宗旨是:帮助科研人员实现科研设想,获得科研上新的发现、突破和创新;促进新技术从实验室到市场的转化。

“地平线 2020”要求欧盟所有的研发与创新计

划聚焦于三个共同的战略优先领域:卓越科研、产业领导力与社会挑战,其中“卓越科研”领域非常注重对学科交叉研究项目的资助,“社会挑战”领域和三大领域之外的“变化世界中的欧洲”研究计划中学科交叉研究也占很重要的地位<sup>[10]</sup>。

欧盟研究理事会(ERC)尤其鼓励科学家开展超越当前知识前沿(Frontiers of Knowledge)和学科边界的研究;项目申请不限领域、不限主题,包括自然科学、工程、社会科学和人文科学等。

表5 未来和新兴技术(FET)的3类行动计划及其资助内容<sup>[10]</sup>

资助类别	资助内容及特点
FET 开放计划 (FET-Open)	FET-Open 旨在支持由科学家发起的“自下而上”(bottom-up 或 roots-up)的自由探索项目,尤其是信息与通讯技术与其他学科交叉的前沿领域的非传统(non-conventional)、原创性和高风险研究,以促进新的前沿领域的发展。
FET 前瞻计划 (FET-Proactive)	支持有前途的探索性研究课题,培育新兴的主题和结构集群。鼓励探索新兴的且尚未纳入工业或研究的领域,并以其为中心建立新的跨学科研究团体。研究经费支持以下新兴主题:“全球系统科学”;“认知高于解决问题”;“量子模拟”;“迈向百亿次的高性能计算”。
FET 旗舰计划 (FET-Flagships)	FET Flagships 是欧盟有史以来最大规模的基础研究项目,旨在资助能够对未来的技术创新和商业开发产生革命性影响的学科交叉研究,通过科学突破为解决经济社会重大挑战做出贡献。FET 旗舰计划的特点是:支持大规模、长期性、基础性和变革性的学科交叉研究;有清晰的研究目标和协调一致的研究日程;具有促进技术创新和商业开发的良好前景;聚焦于欧洲的优势科学领域;能够促进欧盟成员国之间以及欧盟与全球伙伴之间的合作;能够促进学术界和企业的合作。

来源: <https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en>

表6 社会挑战领域资助重点<sup>[10]</sup>

社会挑战领域	预算金额
健康、人口变化和福利	74.72 亿欧元
粮食安全、可持续农业、海洋海事和内陆水研究及生物经济	38.51 亿欧元
安全、清洁和高效能源	59.31 亿欧元
智能、绿色和综合交通	63.39 亿欧元
气候行动、环境、资源效率和原材料	30.81 亿欧元
包容性、创新型和思考型的欧洲社会	13.09 亿欧元
安全社会——保障欧洲及其公民的自由和安全	16.95 亿欧元

来源: <https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en>

### (1) 欧盟未来新兴技术计划

欧盟未来新兴技术计划(Future Emerging Technology, FET)旨在资助信息与通讯领域的基础性、长期性、高风险和跨学科基础研究, FET 计划分为“FET 开放计划”“FET 前瞻计划”和“FET 旗舰计划”三类行动计划,区别对待创新思维和长期挑战的需求,满足不同的方法和尺度的研究。

FET 旗舰项目不是简单的围绕某个问题的相关项目的松散集合,相反,它要求受资助团队的研究工作要有很高的协同和集成。FET 旗舰计划是 FET 计划的重点。FET 旗舰项目从 2009 年开始酝酿,2010 年 7 月欧委会公开征集 FET 旗舰行动项目,2011 年 5 月欧委会从收到的 21 个项目申请中挑选出 6 个项目作为试点,试点项目均为信息科学与脑科学、新材料、机器人、医学、纳米技术、灾害防治等领域的学科交叉项目,每个项目均获得 150 万欧元的资助,用于开展为期 1 年的可行性研究。在对 6 个试点项目实施进展和未来前景进行全面评估的基础上,欧盟委员会从中选出“人脑计划”和“石墨

烯”项目予以重点资助。

2013 年 10 月 14 日,“人脑计划(HBP)”旗舰项目正式启动。该项目由瑞士洛桑联邦理工学院教授亨利·马克拉姆(Henry Markram)总协调,来自欧盟及世界各地的 130 家脑神经科学、生命科学、临床医学、计算科学和机器人技术等领域的科研机构参加。项目总预算 10 亿欧元,预期研究期限 10 年。

“人脑计划”旗舰项目旨在深入探索和理解人脑运行过程,研发能模拟大脑的超级计算机,重点研究人脑的低能耗、高效率运行模式,及其学习功能、联想功能、创新功能等,通过信息处理、建模和超级计算等技术开展人脑模拟研究,在此基础上开展人脑诊断和治疗、人脑接口和人脑控制机器人研究以及开发类似人脑的高效节能超级计算机等。“人脑计划”研究主要涵盖 3 个领域,建立 6 个平台,部署 13 个子课题<sup>[11]</sup>。

### (2) 社会挑战

该战略优先领域汇集各领域、技术和学科的资源 and 知识,包括社会科学和人文科学,涵盖从研究到市场的所有活动,新的专注点在创新活动,如试点、示范、试验平台以及公共采购和市场转化,还包括建立与欧洲创新伙伴关系(EIP)的活动。

## 3 结论与建议

### 3.1 结论

根据以上对学科交叉研究趋势以及美英欧促进学科交叉研究措施的研究,可以得出以下几点结论:

(1) 学科交叉研究在促进科学技术和社会中的地位与作用日益重要,各资助机构和研究计划都把学科交叉研究放在一个长远的战略性位置给予支持。

(2) 在保持传统的对学科交叉支持的同时,各资助机构根据新的发展情况设立新的资助机制,如NSF的INSPIRE计划和会聚研究计划。

(3) 应对社会挑战或社会问题的学科交叉项目占重要地位。

(4) 跨学部和跨部门合作成为促进学科交叉合作的一项重要机制。

### 3.2 建议

根据国外学科交叉研究发展趋势和促进学科交叉的举措,本文提出以下几条建议:

(1) 国家科技管理和资助机构应该把学科交叉研究放在一个重要的战略位置,长远谋划,制定实施计划,在资助、人员、组织、文化和环境等方面系统地推进。

(2) 国家自然科学基金委员会(以下简称“自然科学基金委”)应该发展和完善自然科学基金委、科学部和学科三个层面形成的学科交叉资助机制,形成具有不同针对性、合理分工、有效合作的协同发展机制。

(3) 在自然科学基金委层面建立专门的学科交叉研究管理机构,负责资助学科交叉研究的重大项目,并协调各相关学部的学科交叉资助。

(4) 完善已有的资助学科交叉机制,创新新的资助机制(如基础科学交叉研究中心),改进和发展学科交叉项目评审机制。

(5) 加强与政府相关部门、地方和企业的合作,促进重大实际问题的学科交叉问题研究。

(6) 重视会聚研究,在自然科学基金委重大研究计划中加强会聚研究,或者设立专门的会聚研究项目。

**致谢** 本文工作得到国家自然科学基金委员会委托

任务项目(项目编号:J1824007)的资助。

### 参 考 文 献

- [1] Roco MC, Bainbridge WS. Converging technologies for improving human performance: integrating from the nanoscale. *Journal of Nanoparticle Research*, 2002, 4(4): 281—295.
- [2] MIT. The Third Revolution: The Convergence of the Life Sciences, Physical Sciences, and Engineering. <https://www.aplu.org/projects-and-initiatives/research-science-and-technology/hibar/resources/MITwhitepaper.pdf>. (2011) [2019-07-10].
- [3] NRC. Convergence: Facilitating Transdisciplinary Integration of Life Sciences, Physical Sciences, Engineering, and Beyond, 2014.
- [4] 美国科学院研究理事会编 王小理等译. 会聚观: 推动跨学科融合. 北京: 科学出版社, 2015.
- [5] <https://council.science/about-us/a-brief-history/icsu-issc-merger>. [2019-07-10].
- [6] Dear Colleague Letter: Integrated NSF Support Promoting Interdisciplinary Research and Education (INSPIRE), NSF16-023. <https://www.nsf.gov/pubs/2016/nsf16023/nsf16023.jsp>. [2019-07-10].
- [7] NSF issues first Convergence awards, addressing societal challenges through scientific collaboration. News Release 17-082?. [https://www.nsf.gov/news/news\\_summ.jsp?cntn\\_id=242889](https://www.nsf.gov/news/news_summ.jsp?cntn_id=242889). [2019-07-10].
- [8] Characteristics of Convergence Projects. <https://www.nsf.gov/od/oia/convergence/characteristics.jsp>. [2019-07-15].
- [9] <https://www.ukri.org/research/>
- [10] 中国—欧盟科技合作促进办公室. 欧盟“地平线 2020”计划. [www.cstec.org.cn/ceco](http://www.cstec.org.cn/ceco).
- [11] 陈敬全. 欧盟基础研究资助格局、机制及其启示. *全球科技经济瞭望*, 2014, 29(11): 60—65.

## The trends of development interdisciplinary research abroad and its inspiration

Fan Chunliang<sup>1, 2</sup> Fan Tian<sup>1, 2</sup>

(1. *Institutes of Science and Development, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190;*

2. *School of Public Policy and Management, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049)*

**Abstract** This paper summarizes the characteristics and trends of interdisciplinary research, analyzes the major interdisciplinary research measures of the National Science Foundation of the United States (NSF), the research and innovation agency of the United Kingdom (UKRI) and the European Union' innovation 2020 program, and puts forward some conclusions that can be used for reference in promoting interdisciplinary development in China.

**Key words** interdisciplinary research; convergence; social challenges; National Science Foundation; UKRI; Horizon 2020