

· 专题:科学基金深化改革的政策与举措 ·

# 优化自然科学基金学科布局的改革逻辑与路径选择\*

王孜丹<sup>1,2</sup> 赵超<sup>1</sup> 张理茜<sup>1</sup> 高璐<sup>3</sup> 杜鹏<sup>1\*\*</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, 北京 100049;  
3. 中国科学院自然科学史研究所, 北京 100190)

**[摘要]** 步入新时代的自然科学基金,不仅承担了资助课题项目的功能,对知识的生产和新学科的形成也起到一定的引领作用。为了应对新一轮科技革命和不断变化的科研范式,更好地完成新时代赋予自然科学基金的使命,自然科学基金的学科布局改革势在必行。本文将从新时代自然科学基金学科布局改革的政策需求入手,在考察学科基本属性的基础上,分析学科发展存在的问题和自然科学基金学科布局的基本状况,为学科布局改革提出相应的对策建议。

**[关键词]** 自然科学基金;学科布局改革;知识体系;学科发展;交叉融合

国家自然科学基金委员会(以下简称“自然科学基金委”)是我国重要的科研资助机构。几十年来,自然科学基金委的科研资助为中国科技水平的迅速增长奠定了重要的物质基础。面对新一轮科技革命和不断变化的科研范式,自然科学基金委提出要对科学基金进行深层次的重大改革,建设一个能够支撑21世纪卓越科学研究的理念先进、制度规范、公正高效的科学基金体系<sup>[1]</sup>。这一改革受到了国际上的高度关注<sup>[2]</sup>,其中有关学科布局的改革更是意义深远、影响广泛。如何更好的完成新时代赋予自然科学基金的使命?自然科学基金学科布局的改革又该何去何从?本文将从新时代自然科学基金学科布局改革的政策需求入手,在充分认识学科和学科布局的特征属性的基础上,分析学科发展存在的内生性问题,最后结合实际情况为学科布局改革提出可行的对策建议。

## 1 学科布局改革的需求

面对科学技术发展的新趋势,不论是经济社会发展的需要还是知识生产方式的转变都成为了学科

布局改革的强烈需求。

一方面,经济社会发展对于学科布局改革有着迫切的现实需求。新一轮的科技革命正在快速地孕育发展,并深刻地改变着世界的发展格局。在全球竞争日益激烈的背景下,各国政府不断调整与完善科技创新战略与政策,增加对科技的投入,加强重点领域研发,并积极培育新兴战略产业,从而确保在国际竞争中占据有利地位。归根结底,各国之间的贸易竞争比拼的是各自的科技水平和人才储备,甚至科技竞争的关口已经前移至基础研究。学科是科学研究和人才培养的重要基础。我国要实现从科学大国向科学强国的转变,必须具有全面均衡的学科结构与学科体系<sup>[3]</sup>。而这些都要通过优化学科布局才能实现。

另一方面,知识的生产和分类方式也发生了根本性的变化。纯科学时代的知识生产是由科学家的兴趣驱动的。科学研究仅仅是一些“有钱有闲”的贵族们的兴趣爱好,他们以探索科学奥秘、追寻客观真理为目的,并不需要负有其他社会责任<sup>[4]</sup>。在这样自由的生长环境里,知识被生产出来后,人们通过运

收稿日期:2019-06-21;修回日期:2019-08-07

\* 本文根据第235期“双清论坛”的研讨整理。

\*\* 通信作者,Email:dupeng@casipm.ac.cn

用归纳、演绎等形式逻辑的方法,将感官经验上升到理论的层面,进而再依据研究对象、目的和内容的不同,将科学知识划分到不同学科或者亚类当中<sup>[5]</sup>。后来,随着布什报告<sup>[6]</sup>及线性模型<sup>[7]</sup>的提出,科学与政府开启了正式的联姻之路。与此同时,学科的发展也在逐渐向有实用目的的方向转化,但学科始终还是处于相对较独立的分科发展阶段。

与传统学科以单一领域的视角以及分析说明框架统摄问题不同,当代新学科的组织方式更多地是去中心化的,它不是由一个中心主体来计划或调节,而是围绕一项特定的应用或相关问题而组织起来的(如图1)。在为这个特定议题提供综合性解释和说明框架时,多学科集体参与和融通解决或许可达到更好的效果。所谓“科学跨越边界”,强调的就是通过跨越学科界限、部门界限以及意识形态的界限,形成科学融通发展的趋势。这不仅仅是出于发展学科认知的需要,更多地是基于某些实用性目的,以此来解决人类社会共同面临的问题。以需求驱动的知识生产方式打破学科的固有结构,学科下面的不同子学科和子领域之间通过再结合和重新布局,构成了新型认知形式的基础。因此,当代的知识成果往往体现出一种跨学科的特征,而由此得到的最终解决方案也会超越任何单一学科<sup>[8]</sup>。尽管新的知识体系暂时不能够从当前的学科版图上进行定位,但是相关成果的不断积累,也在某种程度上意味着新兴以及交叉学科的出现。

在这样新的知识生产模式下,知识的生产动力

也变得更加多元化,从以前单一的科学共同体变为由政府、企业、公众等与科学共同体共同参与并发挥作用的当代学科建制的新模式。

## 2 对学科的认识

在现代社会中个体头脑中的预存知识基本上是以学科为单位组织起来的。可以说,学科既是现代社会中个体的认知模式以及人类知识本身的构成方式,同时也成为人类认知活动的组织模式和实践模式。因此,在对自然科学基金学科布局改革的过程中,也需要对学科有充分和全面的认识。

### 2.1 学科的基本内涵和功能

学科既指科学知识创造过程中某个专门的研究领域,同时也代表知识的某个门类。从学科与知识生产的角度来说,作为科学知识的承接者和分类者,学科是科学研究发展成熟的产物。科学发展决定了学科的建设和发展,可以说有科学,才有学科;从学科与知识传承的角度来说,作为一种学科规训,学科是科学教育的源头,学校利用学科来教书育人,以培养人才的方式来进行科学知识的传承。

但学科分类方法并不是单一的。在不同的行业领域,出于不同的目的,对科学知识有着不同形式的划分(见表1)。其中,与学科的基本功能直接呼应的就是自然科学基金委和教育部的学科分类方法,以自然科学基金委为代表的科研资助机构通过资助课题项目的形式,以自然科学基金申请代码和优先领域为基准来促进新知识的生产和新学科领域的形成;教育部则以学位授予和人才培养学科目录为基准来进行知识的传承教授和人才的培养。

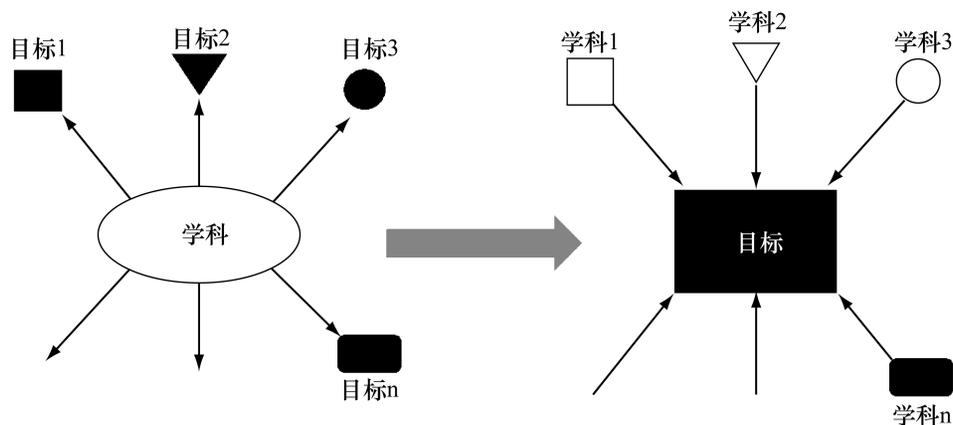


图1 知识生产逻辑的演化

表1 我国主要的学科分类方法

发布单位	知识分类法	所属领域	主要作用
国家自然科学基金委员会	科学基金申请代码和优先领域遴选	科研资助机构	资助课题项目、促进知识生产
国务院学位委员会	《学位授予和人才培养学科目录(2018年4月更新)》	教育领域	知识的传承、人才的培养
中国工程院	《中国工程院院士增选学部专业划分标准(试行)》	中国工程院	增选工程院院士
国家质量监督检验检疫总局和国家标准化委员会	《国家标准学科分类与代码(GB/T13745)》	学科相关信息分类	国家宏观管理、科技统计
国家图书馆	《中国图书馆分类法》	图书馆和情报单位	大型图书馆图书分类使用

注:数据通过相关官网整理得到。

表2 学科确立要素分析框架

学科确立要素	要素表现形式	要素内涵
知识层面	经验事实的发现	研究对象的发现 研究范围的确定
	理论解释的需要	共识的凝聚 议题的集中
组织和体制层面	环境条件	社会环境 研究环境
	重要人物	智力参与 组织参与
	组织建设	正式制度 非正式制度

## 2.2 学科确立的基本要素分析

任何一门学科从出现到确立,都是多重因素综合作用的结果。本文通过整理相关学科形成的案例后认为,尽管不同的学科的形成有其特有的轨迹,但对于一个学科的出现起到关键性作用、可以称之为“判别依据”的,主要包括知识层面、组织和体制层面两个方面(见表2)。

### 2.2.1 知识层面的基本要素

从知识发展的角度来看,学科是为了解决某些共性问题而产生的,并随着排他性研究对象的出现,以及独特的理论视角和说明模式的确立而逐渐形成。

一方面,经验领域中大量“事实”和“现象”的发

现,为学科提供了可供研究的丰富的现象资源,也确立和圈定了自身研究的范围、形成了学科研究独有的“问题域”。另一方面,伴随着研究领域的确立,大量经验现实的发现,也产生了从理论层面上对这些现象进行解释说明的需要——如何将所发现的层出不穷的新现象整合到同一个说明框架中,这既是对已有理论模型的挑战,同样也为新的理论范式的成长提供了机会。在理论更迭以及范式转换的过程中,学科会逐渐发展出特殊的理论视角和说明模式。这种特殊视角的逐渐成熟,也会有助于使传统经验意义上的“问题”凝聚成为一个理论取向的“学科”,从事研究的学者可以借此形成一种关于学科知识的共识,而这也成为一个学科确立和成熟的重要标志之一。

### 2.2.2 组织和体制层面的基本要素

从组织和体制层面来看,影响学科确立的因素主要包括那些能够帮助学科成为一个独立学科的组织环境条件以及制度支持等。某一学科经过长期的发展,最终成为一种成熟的学科形态,其中一个重要的判别标准是出现基于互相评议和相互认同、初具规模、同时又能够保持稳定的学科共同体。在这样一个学术共同体形成过程中,环境条件、重要人物的推动以及组织和体制建设都可以成为其中的主要变量,它们共同塑造了一个成熟学科所需的组织制度条件。

首先,环境条件既包括社会环境,也包括研究环境。学科从产生到发展壮大,需要良好的、适合学科发展的社会环境。社会需求越旺盛,对科学研究的认可度和依赖度越高,对科学研究的物质支持程度就越高。反之,科学家们通常也会选择那些与当时占主导地位的前沿热点问题作为研究课题,这样的课题更容易得到较高的物质支持。在需求与科研不断的互动当中,能够衍生出更多基础层面的需要,从而为特定学科的发展给予充足的空间。其次,在学科的发展过程中,很多重要理论的阐述甚至发现等都是由一些杰出人物直接推动的。对于一个学科来说,杰出人物不仅能够直接推动学科知识的积累和革新,还是推动特定学科发展的智力力量,同时也是凝聚学科认同的象征和中介。最后,在制度层面上,一个学科出现的标志性特征,就是学科共同体开始了自觉的组织建设行为——形成专门的学会、学科年会以及专业性的学术刊物等。

就此,各个学科确立并发展起来,整个学科领域也逐渐开始分化成为专业性更强的子学科,逐渐演化为规模庞大的“学科群”。

### 2.3 学科与科学的关系

经过上述演化,学科最终得以确立,成为了承接科学知识具体内容的一个个有条理的集合,但又与科学不完全相同。事实上,学科与科学是两个不同但有着密切关系的概念,他们各自有着不同的特点。

首先,科学是动态变化的,而学科是稳定滞后的。科学研究是以问题为核心的,只要有了研究问题,加之兴趣等因素的催化,就会有科学和科学研究。问题总是不断产生,人们认识自然、认识社会、认识自身的过程也不会停歇。然而学科的制度化的过程需要比较稳定成熟的科学知识和一系列复杂的社会互动。因此,在时间上它相对于科学发展而言是滞后的,需要一定的时间才能逐渐形成建制化的学科。同时,作为一种社会建制,不论是教育单位还是资助单位,都需要维持学科体系的适度稳定。

其次,科学是连续的,而学科是离散的。科学就像科学家们编织的一张网,不同领域相互联结依存、密不可分。学科则是科学研究发展成熟的产物,但并不是所有的研究领域最后都能发展成为新学科。因此,学科相对于科学研究来说是不连续的,它仅仅是若干科学研究领域的集合,各个集合之间必然会有一定空隙,这也就为后来的交叉学科的产生和发展提供了可能。

当然,两者除了区别还有共性。学科是依据科学的现有发展水平,对如何划分知识形态的一种理解和阐释,这体现了二者的客观性;但同时也会受到社会属性的影响。“科学在被当作一种具有自身价值而得到广泛的接受之前,科学需要向人们表明它除了作为知识本身的价值以外还具有其他的价值,以此为自身的存在进行辩护<sup>[9]</sup>。”类似地,学科在建制化的过程中也会因其特有的社会属性而有特定的形成路径。事实上,学科演进的内在逻辑常常对科学知识和各学科内部较为微观的发展战略起到主要作用,而对于国家层面上的学科布局、学科建设等方面的问题,经济社会和国家需求等外部因素的影响就要大得多,且这种影响往往是决定性的<sup>[10]</sup>。

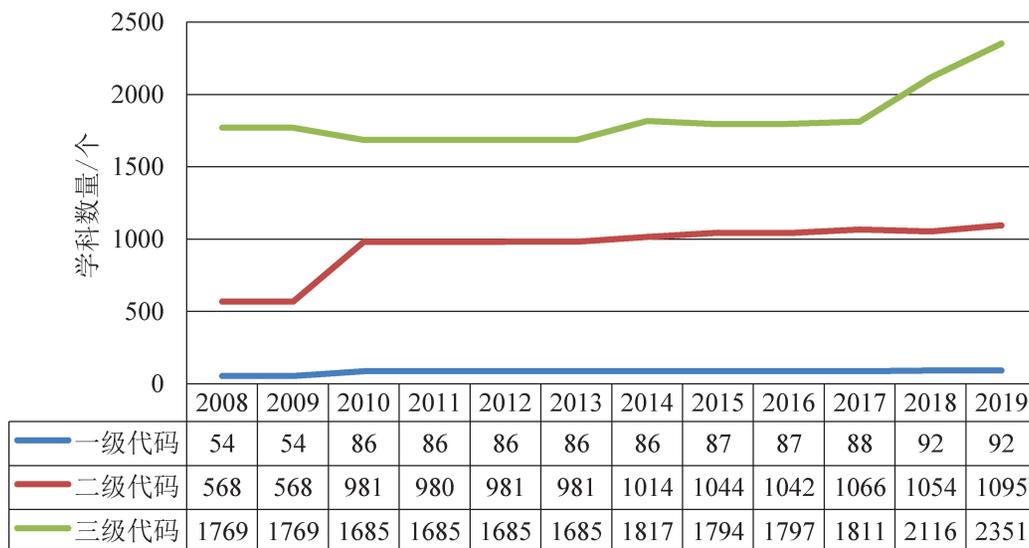
### 3 自然科学基金学科布局的现存问题和改革逻辑

学科布局指的是对学科的全面布局、筹划与安

排。它与单纯的学科分类不同,除了对科学知识进行客观分类之外,还有对社会需求的回应和未来发展方向的引导。这体现了一定的主观筹划性。作为新时代的科研资助机构,自然科学基金委需要一个符合科学逻辑的完整的学科布局。但是基于学科的自身特点以及学科与科学之间的区别,在学科布局的优化过程中不可避免的就会产生一些矛盾和内生性问题。而优化自然科学基金学科布局的改革逻辑就在于理性分析这些矛盾,在内生性问题的平衡中找到破解之道。

一是学科的滞后性导致的学科布局陈旧与科学前沿不断发展之间的矛盾。科学不断地向前发展,作为新生长点的新兴学科、交叉学科不断涌现。若想更好地发挥学科应有的功能,不论是从促进知识生产的角度还是从促进知识传承的角度来说,它的布局和内容应该涵盖前沿的科学思想和新兴的生长点。但是学科是科学研究发展成熟的产物,它的形成相对于科学研究而言是滞后的。此外,对于自然科学基金来说,保持适度稳定是学科体系的基本要求。尽管科学发展的脚步不会停止,但是一旦对现有的学科布局进行调整,可能会破坏原有学科体系的稳定结构,甚至会颠覆原有知识体系的逻辑。

二是学科的离散性导致的学科布局利于创新与便于管理之间的矛盾。学科随着知识增长、更替和分化而不断变化,形成了不同分支和知识增长的谱系,但与此同时学科数量不断增加(如图2)。具体来看,截止到2019年5月,自然科学基金一级代码92个、二级代码1095个、三级代码2351个;而2008年一级代码54个、二级代码568个、三级代码1769个。与11年前的数量相比,各级申请代码几乎都翻了一番,这说明学科的外部拓展速度和内部分化速度都很快,同时也反映出学科的社会建制属性,即易增不易减。另一方面,从国际上来看,各国科学基金会申请代码均少于500个,而我国已经达到了2351个。过细的分类便于科研管理人员的工作,却失去了原有的逻辑体系,学科集合间的空隙也阻隔了各个学科的融通和交流。这不符合科学融通发展的趋势。过细的分类会让我们囿于已知的学科领域内进行深化和探究,却忘记了思考我们不知道什么。没有比列出科学无法回答的问题更好的方法来评估科学现状。事实上,科学的最大进步发生在无知和知识交界的前沿,在那里我们可以发现并提出最有意义的科学问题<sup>[11]</sup>。



注:各级代码的具体数据来源为自然科学基金委官方网站。

图2 2008—2019年度自然科学基金委各级申请代码的数量变化

三是学科的客观性与社会属性导致的知识体系与需求导向的矛盾。学科的客观性意味着科学合理的学科布局应该反映当今现有科学知识的具体内容和逻辑体系。因此自然科学基金申请代码应该具有一套完整统一的、符合科学知识内在逻辑<sup>[12]</sup>的体系结构,既涵盖了科学知识的共性原理,又包括了具体的分科知识;而学科的社会属性则希望采用更加实用化的角度去审视学科发展的路径,走需求导向的学科发展之路,通过优先发展领域来生产至关重要的知识,并及时回应国家的目标<sup>[13]</sup>。

#### 4 路径选择和政策建议

通过对当前科技发展总体态势的分析和学科基本属性的考察,针对学科布局的现存问题,本文提出以下对策建议:

一是对于学科自身属性导致的内生性问题,需要采取措施加以制衡。对学科的滞后性与科学前沿的矛盾,科研管理人员在平时的工作中就要注意前沿领域的拓展和分化,充分了解当前现有学科的缺口,做好预判工作,为动态调整做充分准备。对学科离散性导致的科学融通发展与便于管理之间的矛盾,需要平衡两者的程度,在科研管理人员的工作强度内保证科学融通的最大化,必要时成立交叉学科办公室,给予其充分的支持。对学科客观性与社会属性之间的矛盾,需要将学科分类与优先领域结合起来,经纬合力,形成完整的学科体系。

二是加强内部研讨、凝聚科学共识。科研活动的基本主体科学共同体有其特有的特征<sup>[14]</sup>,学科布

局是科学知识的学科布局。因此作为知识生产和科研活动的主要参与者,不论是学科布局改革的宗旨,还是具体事项,都需加强内部研讨,在科学共同体中形成基本的共识,营造有利于改革的整体环境。

三是改革应由易到难,逐步推进。自然科学基金的学科布局在内容上既包含了学科又包含了优先领域;在功能上既涉及到科研项目的资助,又涉及到新知识的生产和新学科的形成。学科布局工作尽管与学科建设工作不同,但在我国现有资助结构较为单一的现实条件下,在事实上已经发挥了学科建设的部分功能,意义重大且影响面广。因此自然科学基金学科布局改革的工作不可操之过急,要逐步推进。在具体策略上,可以先从相对灵活的优先领域开始调整。当优先领域发展到一定规模,边界清晰时,再化为新的学科或现有学科的一部分(如变为2、3级申请代码)。

四是针对不同科学部的改革需结合具体科学部的特点因地制宜。不同学科的研究内容不同、发展程度不同,在知识体系中所处的位置也是不同的。因此在自然科学基金的学科布局调整中需要因学科而异,尊重学科发展的特殊需求,不宜一刀切,要以学科发展需要为转移。例如,作为基础学科的数学、物理学属于科学知识的共性原理,具有比较稳定的特征,因此在国内外资助机构中,数理科学部的基金申请代码始终都相对恒定;而在生命、信息等科学部,新的研究领域和热点不断涌现,相应的基金申请代码也需要不断进行调整与整合。

**致谢** 本文工作得到国家自然科学基金(项目批准号:L1824048)资助。

### 参 考 文 献

- [1] 周忠和, 赵维杰. 以基金改革追求卓越科学: 专访国家自然科学基金委员会主任李静海院士. 中国科学基金, 2019, 33(1): 1—4.
- [2] Manfred H. Reform and cooperation in China. *Science*, 2018, 362(6416): 727.
- [3] 国家自然科学基金委员会. 国家自然科学基金“十三五”发展规划. <http://www.nsf.gov.cn/publish/portal0/xxgk/043/info72249.htm>.
- [4] 贝尔纳. 科学的社会功能. 陈体芳译. 北京: 商务印书馆, 1982.
- [5] 赵超. 学科研究视域中知识社会学的理论整合与范式转换问题研究. 天津: 南开大学, 2013.
- [6] 布什. 科学—没有止境的前沿. 范岱年, 解道华等译. 北京: 商务印书馆, 2004.
- [7] Godin, B. Research and development: How the “D” got into R&D. *Science & Public Policy*, 2006, 33(1): 59—76.
- [8] Gibbons M, Limoges C, Nowotny H. The new production of knowledge: the dynamics of science and research in contemporary societies. London: SAGE Publications, 1994.
- [9] 默顿. 十七世纪英格兰的科学、技术与社会. 范岱年等译. 北京: 商务印书馆, 2000.
- [10] 龚旭. 学科政策与科学政策——基于科学基金的思考. 中国科学基金, 2006, 20(3): 164—169.
- [11] Kennedy D, Norman C. What don't we know?. *Science*, 2005, 309(5731): 76—77.
- [12] Li JH. Exploring the logic and landscape of the knowledge system: Multilevel structures, each multiscaled with complexity at the mesoscale. *Engineering*, 2016, 2(3): 276—285.
- [13] 刘云. 基础研究的发展特征与优先资助领域选择. 科学学与科学技术管理, 2002, 23(7): 23—26.
- [14] 杜鹏, 李凤. 是自上而下的管理还是科学共同体的自治——对我国科技评价问题的重新审视. 科学学研究, 2016, 34(5): 641—646.

## Reform logic and path choice for optimizing the discipline layout of science funds

Wang Zidan<sup>1, 2</sup> Zhao Chao<sup>1</sup> Zhang Liqian<sup>1</sup> Gao Lu<sup>3</sup> Du Peng<sup>1</sup>

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

2. *University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049;*

3. *Institute for the History of Natural Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190)*

**Abstract** Science foundation not only undertakes the function of funding projects, but also plays a leading role in the production of knowledge and the formation of new disciplines in the new era. In order to cope with the new round of scientific and technological revolution and the changing scientific research paradigm, and to better fulfill the mission entrusted to science foundation in the new era, it is imperative to reform the discipline layout of science foundation. This paper will start with the policy requirements of the reform of scientific fund discipline layout in the new era. On the basis of investigating the basic attributes of discipline, we analyze the problems existing in the discipline development and the basic situation of the scientific fund discipline layout, and put forward corresponding countermeasures and suggestions for the reform of the discipline layout.

**Key words** scientific fund; discipline layout; knowledge system; discipline development; cross-integration