

· 科学基金深化改革重要举措 ·

关于国家自然科学基金联合基金 面向国家重大需求科学问题凝练的思考

李志兰¹ 徐峰² 胡士磊² 王晓红^{2*} 刘权¹ 王长锐¹

1. 国家自然科学基金委员会 计划局, 北京 100085
2. 哈尔滨工业大学, 哈尔滨 150001

[摘要] 国家自然科学基金联合基金围绕区域、企业、行业部门的重大需求和瓶颈, 聚焦及凝练关键领域中的核心科学问题, 引导与整合社会资源投入, 推动我国自主创新能力的提升。在实际执行过程中, 面向国家重大需求, 如何精准凝练科学问题是目前专家学者和管理工作者共同关注的重点问题。本文探讨了联合基金项目科学问题凝练的一般过程和突出难点, 在有关调研与分析的基础上, 提出科学问题凝练的优化思路和策略方案, 以期联合基金项目的完善管理提供借鉴。

[关键词] 国家重大需求; 科学问题凝练; 联合基金

坚持面向国家重大需求, 是习近平总书记指明科技创新的“四个面向”之一。2020年, 习近平总书记在科学家座谈会上指出: “研究方向的选择要坚持需求导向, 从国家迫切需要和长远需求出发, 真正解决实际问题”^[1]。尤其是当前, 一些关键技术、部分关键元器件和重要装备、新能源技术等关系国家急需和长远需求的领域, 是我国科技发展的重点研究方向^[2]。作为国家自然科学基金资助体系的重要组成部分, 国家自然科学基金联合基金项目(以下简称“联合基金项目”)是由国家自然科学基金委员会(以下简称“自然科学基金委”)与有关部门、地方政府或企业共同出资而设立的一类项目, 旨在结合国家战略发展需求和行业地区发展需要的基础上, 积极引导和整合社会资源投入基础研究。联合基金的一大特点是聚焦区域、企业和行业发展中的关键科学问题和关键技术领域中的核心科学问题, 资助开展目标导向型的基础研究^[3]。

从服务国家发展战略的角度出发, 如何完善联合基金面向国家重大需求的科学问题凝练机制, 以此引导科研工作者有的放矢地开展科学研究, 是提高联合基金立项水平和资助效益亟需解决的关键问



王晓红 哈尔滨工业大学教授、博士生导师。主要从事科技创新政策与管理、科技创新团队知识管理、产学研协同创新等研究。作为项目负责人完成国家自然科学基金项目、科技部计划项目、教育部、中国工程院咨询项目等多项课题, 发表学术论文80多篇。



李志兰 博士, 副研究员, 现任职于国家自然科学基金委员会计划与政策局联合基金管理处。主要研究方向为科技政策研究与管理。

题, 已成为目前科学基金亟待解决的重要难题。究竟应该通过何种方式精准有效地凝练联合基金项目的“面向国家重大需求的科学问题”是专家学者与管理者目前共同关注的焦点问题, 也是本文重点研究的问题。

1 联合基金项目科学问题凝练的一般过程和难点

自2018年以来, 提升科学问题凝练水平成为自然科学基金委持续推进科学基金系统性改革的两个

重点之一,即以解决问题为导向,深入探讨科学研究范式变革的趋势,以新的研究范式开展科学问题凝练,鼓励具有多学科背景的专家参与协同攻关。面向国家重大战略需求和前沿交叉领域,自然科学基金委建立了重大需求征集和科学问题凝练机制,已经初显成效。

但是,在促进知识创新体系和技术创新体系的融合方面仍有尚未完全解决的问题。科学问题具有一般性和抽象性,不同于企业提出的具体的工程技术难题和产业技术问题。回答企业提出的具体的工程技术难题和产业技术问题,可解一时之困;而科学问题的答案则具有一般性和普适性,可助力某一类企业脱困或者解决区域内的共性问题。尤其是解决我国现阶段面临的那些现实意义突出的——“面向国家重大需求”问题,能为我国经济社会发展、民生改善、国防建设提供重大战略科技支撑,推动我国相关行业、领域、区域自主创新能力的提升^[4, 5]。

科学问题的产生是一个从实践中来又回到实践中去的过程;其凝练过程既是归纳的过程,又是演绎的过程^[6]。科学问题归纳的过程,是从一个个具体的企业所面临的工程技术难题和产业技术问题出发,归纳出具有一般性的科学问题。归纳的基础来自产业和工程生产实践中鲜活的技术问题,是与企业生产实践密切相关的具体问题。在提炼的过程中,需要将这些具体的技术问题进行提取和凝练,不断地提高研究问题的一般性,最终形成相对抽象的一般性科学问题。演绎的过程则更多地是从相关的科学文献出发,通过对文献中已有的概念、理论、知识等进行梳理,提出具有重要价值但尚未回答的科学假设。这样的假设往往一开始就具有一般性,但是需要通过实际数据进行检验,而数据来自于产业或企业实践^[6]。

相应地,联合基金项目“面向国家重大需求”的科学问题凝练也存在以下两个难点:一是由于联合资助方多为地方政府、行业部门和国有企业,如何将他们面对的现实需求准确凝练成科学问题,需要深入思考和精准把握,难点在于保证科学问题的一般性;二是科学问题的凝练是否能够真正围绕产业、行业、区域发展所面临的急迫需要和长远需求,难点在于保证科学问题的实践基础。在现实中,凝练关键核心技术背后的科学问题殊为不易,既需要有相当高的基础理论水平、又能了解需求方的难点和痛点。绝大多数需求方只能提出技术上的壁垒是什么,难

以讲出深层次的科学问题是什么。而承担联合基金项目的专家则因为话语体系的不同,难以真正理解需求方提出的需求,无法将其转化为与其匹配的科学问题。这从一个侧面反映了科学界和产业界之间的创新供需错配。上述问题的解决可以在一定程度上强化联合基金“面向国家重大需求”的科学问题凝练。为了探索及解决现阶段联合基金“面向国家重大需求”的科学问题凝练中可能存在的具体问题,本文通过问卷方式咨询联合基金涉及领域资深专家学者的意见,并进行总结归纳,深入分析,认真研判新形势下对联合基金科学问题凝练提出的新要求,形成优化思路和策略方案。

2 联合基金项目科学问题凝练范式的现状调研与分析

2.1 调研过程

本调研采用定向邀请的方式,邀请对象为联合基金项目涉及领域内的资深专家学者,通过问卷星询问他们对联合基金项目的“面向国家重大需求”科学问题凝练机制的看法。作为一项探索性研究,问卷采用开放式的问题设置,未设置任何回答限制。本次调研共计收到59位资深专家学者(均为联合基金项目评审专家)的回复,这些学者来自包括工程与材料科学部、信息科学部、地球科学部、化学科学部、生命科学部、医学科学部等联合基金项目多个领域。

2.2 数据分析方法与过程

针对本研究的探索性特征,本文采取实证主义(Positivism)导向下的定性数据分析方法,研究者独立于数据分析过程,依照归纳逻辑力求“让数据说话”^[7]。并且,本文采用连贯模式定性数据分析方法,即采用“资料简化、资料展示、结论引出”的模式来对定性数据进行分析^[8],以编码的方式回答所研究的问题。

(1) 资料简化

第一项“资料简化”工作通过描述性编码实现。描述性编码力求紧贴数据,用简洁的编码语言展现原始数据的意义。为了更好地对编码进行管理,本文建立了一套编号系统,给每一个编码对应一个独特编号。首先对参与调研的学者进行编号(1~59号),然后再对描述性编码进行编号,格式为“学者编号—编码次序”。例如表1中编码编号22-1表示22号学者的第1个描述性编码。

表 1 描述性编码分析示例

编码编号	原始文本	描述性编码
22-1	……不足体现在有的项目不是真正的科学问题,原因可能是提供建议的专家以自我研究内容为中心……	有的项目不是真正的科学问题
39-2	……指南中凝练的科学问题基本能体现“四个面向”。不足之处是问题本质凸现不够……	凝练的科学问题能体现“四个面向”,问题本质凸显不够
49-5	……目前联合基金项目对科学问题的凝练针对性较强,但也需要注意宽度……	凝练针对性较强,需要注意宽度
54-3	……指南中科学问题应该更宽泛一些。常常能够发现指南为特定申请对象或单位发布的问题……	科学问题应该更宽泛
59-1	……科学问题凝练比较到位,部分不足是由于各区域的产业需求所导致的……	凝练比较到位,部分不足由产业需求导致

(2) 资料展示

为达到“资料展示”的效果,第二项工作是完成诠释性编码,对描述性编码进行聚类,也就是将内容一致的编码汇总成一个诠释性编码,如表 2 中样例所示。诠释性编码实际上是一个类属化过程,编码原则为准确性,即准确表述一群描述性编码所表达的内容。

(3) 结论引出

为了实现“结论引出”,第三项工作需要做模式编码,对诠释性编码间的关系进行探索,用更为抽象的编码来表述诠释性编码间存在的关系,展现定性数据分析的结果。

2.3 数据分析过程的可靠性

本文采取了一系列措施来提高数据分析过程的可靠性。第一,在开始数据分析之前,研究团队进行了充分的沟通,就研究问题、内容以及方法层面的问题达成一致。第二,三位独立的第三方编码人员在同意了统一的评价标准后各自独立的参与了数据分析,不一致的编码通过讨论达成共识。第三,本文的调研采取匿名方式来提高分析过程的客观性与可靠性。完全去除了 59 位学者的个人信息,保证了分析过程的独立性。

2.4 调研结果

首先,针对联合基金科学问题的凝练现状,学者们的意见中普遍肯定了 2018 年以来自然科学基金委在重大需求征集和科学问题凝练方面改革所取得的成效。例如,学者们提到“指南中凝练的科学问题基本能体现‘四个面向’”“科学问题凝练比较到位,较为全面和深入”等。但是也反映了目前联合基金项目科学问题凝练存在的短板和不足,主要体现在对“面向国家重大需求科学问题”的认识还不够深刻,科学问题与现实相关度不足,缺乏一般性,即在

科学问题形成过程中,所凝练的科学问题包含范围过窄,重要的关键问题不具有包容性。具体包括:

(1) 凝练出的科学问题的科学性尚不理想。尽管科学问题得到一定程度凝练,但多数问题具有较深的工程化色彩,甚至出现个别以工程技术问题直接代替科学问题的情况。

(2) 指南中科学问题涵盖范围不够广泛。目前,指南中征集范围局限于个别省份、行业,甚至是部分依托单位,征集对象应该也不够广泛,除了各领域资深专家外,没有实现更全面的受众覆盖。

(3) 专家团队构成不尽合理。联合基金是面向企业行业的需求、场景、业务展开有针对性的研究,需要针对行业尚未解决的问题,从中提炼关键科学问题进行研究。因此,专家应当是行业与基础兼顾的专家。目前,专家团队成员组成结构不够合理,有的学者提出“不同学部的学科特点,可能有所差别,有些学科(比如信息学科)更偏向应用类型,在选择专家时,要多征集产业界专家的意见与建议,也要

表 2 诠释性编码分析示例

编码编号	描述性编码	诠释性编码编号	诠释性编码
22-1	有的项目不是真正的科学问题	4	科学问题应更具一般性
28-4	要进一步提升项目与企业的相关度		
39-2	凝练的科学问题能体现“四个面向”,问题本质凸显不够		
49-5	凝练针对性较强,需要注意宽度		
54-3	科学问题应该更宽泛		
59-1	凝练比较到位,部分不足由产业需求导致		

求他们更多地参与后续的评审与项目评估”。

3 联合基金项目科学问题凝练的优化思路和策略方案

为了进一步完善联合基金项目“面向国家重大需求”的科学问题凝练机制,结合调研分析,深入思考,提出以下策略:

3.1 加强顶层设计,强化科学问题凝练的导向和特色

加强顶层设计是完善科学问题凝练机制的需要。联合基金“面向国家重大需求”的科学问题凝练采用“自上而下”与“自下而上”相结合的模式,深入探究国家重大需求与关键技术背后的核心科学问题,提高科学问题凝练的质量。一方面,自然科学基金委和联合资助方要坚持需求导向和问题导向,从国家急迫需要和长远需求出发,可组织相关领域的战略科学家成立“专家咨询委员会”,“自上而下”加强战略谋划,超前研究部署。围绕区域、行业及企业的发展需求,聚焦关键领域中的核心科学问题、新兴前沿交叉领域中的重大科学问题,发挥前瞻引领作用。根据战略性、紧迫性和可行性系统布局。另一方面,还需要继续坚持“自下而上”自由探索,建立面向各部门、各行业、重点企业和区域的各类型公开征集渠道,广泛征集各行业领域和地区的重大需求,充分体现国家重大需求和战略导向;广泛开展面向全社会的前沿科学问题征集,发扬学术民主,充分发挥学术共同体的作用,充分发挥广大科研人员的创造力和想象力。

3.2 识别共性基础,建立工程问题—技术问题—科学问题融通转化机制

不同工程技术难题和产业技术问题背后可能蕴含着共性科学问题,识别不同工程技术难题和产业技术问题的共性基础,将科学、技术和工程问题统一融合对于科学问题凝练极为重要。其中的关键在于确保发端于区域、企业、行业与部门需求的科学问题研究要有助于解决需求方面面临的工程技术难题和产业技术问题。为了确保科学问题凝练切实聚焦于区域、行业及企业的发展需求,建议强化“科学家—实践者”之间的互动,双方可在主题领域与具体问题两个层次开展对话,实现科学问题与实践问题的交互共振^[9]。

科学问题与工程技术难题和产业技术问题具有明显区别,一般性和抽象性是科学问题的鲜明特点。因此,在科学问题凝练的归纳过程中,应当将具体的

技术问题提取和凝练,不断地提高研究问题的一般性,最终形成相对抽象的一般的科学问题,切忌直接以技术问题代替科学问题,避免出现“量体裁衣”和“对号入座”的现象。科学问题可划分为基础理论问题和应用基础研究问题、关键问题和一般问题等不同类型的,建议根据科学问题的特点,坚持“大方向连续、小方向变化”的原则,保持项目指南方向的延续性与变化性的动态平衡。针对研究周期长、难度大、跨尺度的科学问题,应该适度地保持项目指南的延续性,实行滚动支持,以应对短期内无法有效解决的“技术链”问题。

3.3 强调质量控制,建立科学问题凝练全过程管理机制

质量控制是确保科学问题凝练取得实效的关键。为此,有必要建立科学问题凝练全过程管理机制。首先,应有效保证在指南制定全周期中联合资助方的参与度,以确保科学问题凝练的需求导向、问题导向。以企业创新发展联合基金为例,在联合基金指南的征集、遴选和论证等阶段,建议提高企业联合资助方专家占比。其次,对备选科学问题的阶段性论证意见进行公示,并开展反馈活动,这是实现质量控制的关键一环。将意向科学问题的阶段性论证意见进行公示,广泛、公开征求意见,尤其是与指南建议提出者深入沟通,既保证凝练流程的公开透明,也利于发挥广大科技工作者的集体智慧。最后,还需要建立科学问题凝练考核评价机制。作为贯彻落实“负责任、讲信誉、计贡献(Responsibility, Credibility, Contribution, RCC)”评审机制的重要步骤,建议对指南制定科学问题凝练的质量实行后评估。鼓励联合资助方提出高质量指南建议,切实提高科学问题论证专家库的建立和完善。

3.4 强化管理责任,建立指南制定科学问题凝练多主体协同模式

在联合基金项目科学问题凝练的过程中,自然科学基金委充分发挥统揽全局的作用以及各科学部的战略引领作用,同时致力于发挥专家集体作用,构建了“四方指南论证模式”,即由自然科学基金委相关科学部、科学部推荐的专家、联合资助方、联合资助方推荐的专家等四方共同参与的科学问题凝练模式。在应对我国科技和产业“两张皮”的困境问题上^[11],通过联合基金的设立和有效管理,与科研及行业部门、地方政府和企业合作,实现一大批前瞻性基础研究、引领性原创成果的应用贯通,强化对经济发展的推动作用,以促进我国产业技术转型升级、推

动创新能力提升和经济高质量发展。

下一步,宜在“四方指南论证模式”的基础上继续完善联合基金项目凝练机制,建立科学问题凝练多主体协同模式。该协同模式既包括“内部协同”(联合基金办公室与自然科学基金委各科学部间的制度化协调机制),也包括“外部协同”(自然科学基金委与专家及联合资助方之间的制度化协调机制)。同时,由于单一学科的知识和方法等已不足以破解日趋复杂的重大科学问题^[10],地方或部门的“保护主义”倾向仍未消除,多主体协同管理模式中的多主体应该是跨学部、跨学科、跨地域、跨部门的,从而有利于打破学科壁垒,促进思维碰撞,强化学科深度交叉融合,提升科学问题凝练的开放性、包容性与公平性。

参 考 文 献

- [1] 蔺洁,陈凯华. 构建需求导向和问题导向的新型国家科技治理体系. 光明日报, 2020-09-17.
- [2] 余惠敏. 面向国家重大需求 把准科技发展方向. 经济日报, 2020-10-07.
- [3] 吴卫红,王晓雨,李志兰,等. 国家自然科学基金联合基金项目成果应用贯通机制的探索与构建. 中国科学基金, 2021, 35(S1): 40—46.
- [4] 马卫华,薛永业. 国家自然科学基金联合基金项目管理机制优化策略. 科技管理研究, 2017, 37(5): 155—163.
- [5] 朱蔚彤,孟宪平. 国家自然科学基金联合基金设立与资助管理机制探讨. 中国科学基金, 2012, 26(1): 34—37.
- [6] 徐心,林伟鹏,吴刚. 工商管理学科领域“面向世界科学前沿问题”的凝练机制探索. 管理评论, 2021, 33(11): 3—12.
- [7] Gephart RP Jr. Qualitative research and the academy of management journal. *Academy of Management Journal*, 2004, 47(4): 454—462.
- [8] Matthew B. Miles, A. Michael Huberman. 质性资料的分析: 方法与实践(第二版). 张芬芬,译. 重庆:重庆大学出版社, 2008.
- [9] 李静海. 深化科学基金改革 推动基础研究高质量发展. 中国科学基金, 2020, 34(5): 529—532.
- [10] 杨俊,赵新元,冉伦. 如何提升工商管理研究科学问题的需求属性? ——以工商管理学科发展战略及十四五发展规划研究为例. 管理评论, 2021, 33(4): 12—23.
- [11] 苗圩. 推动制造业高质量发展. 人民政协报, 2021-03-08.

Considerations on the Scientific Problem Condensation Meeting the National Critical Needs of Joint Funds of National Natural Science Foundation of China

Zhilan Li¹ Feng Xu² Shilei Hu² Xiaohong Wang^{2*} Quan Liu¹ Changrui Wang¹

1. Bureau of Planning, National Natural Science Foundation of China, Beijing 100085

2. Harbin Institute of Technology, Harbin 150001

Abstract Joint Funds of National Natural Science Foundation of China focus on the critical needs and bottlenecks of regions, enterprises and industrial sectors, concentrate and condense the core scientific problems in key areas, guide and integrate social resources to promote the improvement of China's independent innovation capacity. In the process of actual implementation, how to focus on the scientific problems to meet the national critical needs is a key concern of experts, scholars and managers in the current science funds management. In this paper, we explore the characteristics and challenge of scientific problems of the Joint Funds projects, propose optimized ideas and strategies based on investigating and analyzing its paradigm status quo, and provide references and reform attempts for perfecting its management.

Keywords national critical needs; scientific problem condensation; Joint Funds

(责任编辑 刘敏 张强)

* Corresponding Author, Email: wangxh@hit.edu.cn