

· 科学基金深化改革重要举措 ·

工程与材料科学部重大项目立项与管理机制改革探索及思考

王岐东¹ 苗鸿雁¹ 赖一楠^{1*} 张鹏²
丁鑫锐³ 郭梦京⁴ 陆中宇⁵

1. 国家自然科学基金委员会 工程与材料科学部, 北京 100085
2. 青岛理工大学, 青岛 266520
3. 华南理工大学, 广州 510006
4. 西安理工大学, 西安 710048
5. 广东工业大学, 广州 510000

[摘要] 国家自然科学基金重大项目是国家自然科学基金委员会(简称“自然科学基金委”)资助体系中重要的项目类型之一,在发挥学科支撑和引领作用、推动产生原创性重大成果方面具有重要战略地位。本文全面回顾并分析了工程与材料科学部重大项目资助现状,重点阐述了当前在立项与管理机制方面存在的一些问题,阐明了重大项目深化改革的必要性和紧迫性,介绍了自然科学基金委工程与材料科学部的具体改革思路和举措,以及进行的实践和探索,提出了一些思考,为新时期国家自然科学基金重大项目深化改革提供了重要参考。

[关键词] 工程与材料科学;重大项目;立项机制;科学基金改革

习近平总书记指出:“基础研究是整个科学体系的源头,是所有技术问题的总机关”。这是对科技发展客观规律的深刻把握和认识,是指导我国开展基础科学研究的总方针。国家自然科学基金(以下简称“自然科学基金”)作为我国支持基础研究的主渠道^[1, 2],坚持以支持基础研究为主线,以深化基金改革为动力,聚焦基础、前沿、人才,注重重大科技创新和学科交叉,为全面培育我国源头创新能力做出了重要贡献。

国家自然科学基金委员会(简称“自然科学基金委”)于1986年成立伊始便设立了自然科学基金重大项目(以下简称“重大项目”)类别,设立的初衷是面向科学前沿和国家经济、社会、科技发展及国家安全的重大需求中的重大科学问题,注重超前部署,强调开展多学科交叉研究和综合性研究,充分发挥支撑与引领作用,提升我国基础研究源头创新能力^[3-5]。工程与材料科学部认真贯彻落实党中央、国务院关于科技创新和基础研究的总体部署,强化战略



王岐东 博士,研究员。现任国家自然科学基金委员会工程与材料科学部常务副主任。



赖一楠 博士、教授。现任国家自然科学基金委员会工程与材料科学部综合与战略规划处处长。

导向和目标引导,在关键领域、卡脖子的地方下大功夫,加强对重大项目的立项管理,从支撑国家重大需求和积极应对科研范式变革出发,推进重大项目立项模式改革,提升重大类型项目立项水平^[6-8]。本文

从资助立项机制与基金管理视角,对本学部重大项目资助管理工作进行系统总结与分析,提出当前存在的一些问题,从机制改革的必要性与紧迫性开展探索与实践,为新时期重大项目深化改革提供参考,具有重要的现实意义。

1 重大项目资助概况

1.1 申请与资助总体情况

工程与材料科学部的重大项目是从1986年自然科学基金委成立之初就开始资助的。截至2021年,工程与材料科学部共批准资助重大项目99项,课题512个,资助研究经费109 006.54万元,如表1所示。近10年来(2012—2021年)共资助重大项目52项,课题223个,批准资助经费86 096.54万元,平均每个项目经费为1 655.70万元,每个课题经费为386.08万元。项目数量、课题数量、批准经费占资助以来总量的52.53%、43.55%和78.98%。

1.2 依托单位分布情况

工程与材料科学部资助的99项重大项目分布于47个依托单位,国内一流的重点大学和中国科学院是主要依托阵地,代表了我国甚至国际一流的研究实力。其中,高等院校69项,占比69.70%;中国科学院系统23项,占比23.23%;其他依托单位7

项,占比7.07%。按照批准资助经费的额度排序,排名前10的依托单位如表2所示。获批重大项目数量最多的依托单位是中国科学院金属研究所,为11项;获批课题数量最多的是清华大学,为64个。

2 重大项目立项与管理体制改革

2.1 当前存在的问题

工程与材料科学部负责材料和工程两个领域相关基础研究的资助与项目管理,多年来在重大项目整体规划和布局方面,充分结合国家重大发展战略和需求、国防建设、经济主战场和生态建设,注重学科交叉和综合性研究,资助了一批具有重要影响的重大研究项目,取得了一些卓有成效的资助成果,但也存在一些现实的问题和挑战。

(1) 科学问题的凝练需加深悟透,立项领域的战略研判需加强

“准确地提出一个科学问题,问题就解决了一半”,科学问题凝练与再凝练的准确与否将直接决定科研成果的质和量。个别重大项目对国家战略意图和区域、行业、产业的重大需求缺乏准确理解、定位和聚焦,同时重大项目的科学问题凝练与其指南的契合程度缺乏有效评估,使得基础研究、实践问题和重大需求存在一定程度的脱节。

“要加大应用基础研究力度,以推动重大科技项目为抓手,打通‘最后一公里’,拆除阻碍产业化的‘篱笆墙’,疏通应用基础研究和产业化连接的快车

表1 1986—2021年工程与材料科学部
重大项目资助总体情况

年限	批准项目数	课题数量	批准经费(万元)	平均资助强度(万元/项)
“七五”—“八五”(1986—1995)	22	163	4 380.00	199.09
“九五”(1996—2000)	10	44	5 330.00	533.00
“十五”(2001—2005)	7	30	5 200.00	742.86
“十一五”(2006—2010)	5	22	5 000.00	1 000.00
“十二五”(2011—2015)	16	68	23 758.25	1 484.89
“十三五”(2016—2020)	29	125	51 876.66	1 788.85
“十四五”(2021)	9	40	13 461.63	1 495.74
合计(1986—2017)	99	512	109 006.54	1 101.08
近十年合计(2012—2021)	52	223	86 096.54	1 655.70
近十年占比(%)	52.53%	43.55%	78.98%	/

表2 工程与材料科学部重大项目资助经费
排名前10的依托单位情况

序号	依托单位	项目数量(项)	课题数量(个)	批准经费(万元)
1	清华大学	9	64	8 801.00
2	中国科学院金属研究所	11	28	6 192.00
3	浙江大学	3	16	5 202.60
4	中国科学技术大学	3	7	4 875.50
5	北京航空航天大学	2	8	4 618.00
6	上海交通大学	3	15	4 324.00
7	大连理工大学	2	12	3 345.70
8	中国科学院长春应用化学研究所	2	3	2 599.00
9	东北大学	2	4	2 598.90
10	西安交通大学	2	24	2 428.00
	合计	39	181	44 984.70

道”。当前,对重大项目立项领域战略意义的研判还缺乏充分系统的论证,在发挥战略咨询、方向布局和遴选组织方面需要加强综合统筹考虑,做到三位一体。

(2) 申请过程的非学术动机需摒弃,指南形成过程存在风险

由于重大项目资助强度大、研究任务难、指标要求高,通常由多家单位联合申请,项目负责人和团队成员的学术影响力会对项目评审结果产生较大影响。在项目申请过程中,存在申请人将大量精力、物力耗费在组团队、抢资源上,没有集中精力聚焦在解决重大科学问题上,造成“拼盘”“拉郎配”“争资源”等现象出现,这一非学术动机需要摒弃。

重大项目指南的形成过程存在一定程度的风险,如指南指向性过强,存在有可能为某个人或某个学术团队量身定制的风险;指南范围过窄,存在同时申请量偏少竞争不足的风险;个别建议人为了能够使所提建议列入指南,存在进行不正当公关的风险。因此,重大项目指南的形成程序需要建立公平公正、严格规范的制度约束。

(3) 执行过程中创新驱动和效率不足,立项后管理机制不完善

在重大项目执行过程中,个别项目存在“申请时讲大话、执行中降指标”的打折扣现象。申请阶段虚报项目进度、夸大项目指标,执行过程中拖延进度、降低指标。项目立项运行之后,缺少整体协调和统筹,存在着申请阶段花心思、下功夫,项目成功立项之后执行把控不严,特别是遇到科学难题时的创新驱动动力不足,导致执行过程中效率低、重复研究、结题时堆砌成果等不良现象,没有形成基于任务导向的重大项目“申请—执行—结题”全程目标约束的运行体系,不能集中精力实现重大项目立项时的初衷和战略目标。

目前包括重大项目在内的自然科学基金项目存在不同程度的“严进宽出”现象,不少科研人员不重视项目执行。对于完成结题的重大项目是否对国家重大需求有贡献,在这一方面还缺乏系统、持续的跟踪和评判,相应的制度和体系还不完善;同时也缺乏纠偏、纠错和退出机制。从重大项目管理体系的整体来看,立项后的一些项目管理和约束机制亟需改革、加强和完善,才能更好地为项目顺利开展提供制度保障。

2.2 立项领域遴选机制改革

项目立项遴选是发挥好自然科学基金重要作用的关键,重大项目立项领域的遴选更是如此。以往重大项目指南的遴选程序及过程是由通讯评审遴选到咨询委员会评审遴选的“两步模式”,立项建议完全由科学家自由提出,研究受“惯性”驱使,在一定程度上,指南为建议人及其团队“量体裁衣”,其他科学家团队难以提出和组织有竞争性的申请;在立项领域的遴选过程中,学科负责人缺乏深度参与,学部和学科的战略意图难以体现。

因此,重大项目立项领域遴选机制亟需改革,而自然科学基金的遴选本身也是一个动态发展、循序渐进和不断完善的变革过程。近期一些科技管理部门实施的“揭榜挂帅”制便是科研项目的遴选机制从“专家相马”到“市场赛马”的新探索和新尝试。2021年,工程与材料科学部对重大项目立项遴选机制进行了深入改革,研究制定了《工程与材料科学部国家自然科学基金重大项目立项流程方案(试行)》(以下简称“《方案》”),由以往的“两步模式”改革为“六步模式”,坚持“自下而上”和“自上而下”相结合的原则,面向全社会广泛征集重大项目领域建议;也可基于战略研究项目形成的结论、学科研讨会形成的共识和学科前沿调研形成的意见提出重大项目领域建议;特殊情况下,如应急、交叉研究等,可通过学部部务扩大会议研究或采取专家论证会的方式提出重大项目领域建议。

具体来说,“六步模式”由领域建议征集、学科形成立项领域设想初稿、学部审议立项领域设想、学部专家咨询委员会评审遴选、形成指南建议并由分管委领导审批发布、组织项目申请和评审等一系列环节组成,在主要阶段和环节实行差额遴选,竞争机制贯穿始终,避免“谁建议谁上”的“量体裁衣”模式和学科的“重复布局”,同时也最大限度地发挥学科负责人的战略研判能力,以及最大范围地发挥学部集体的战略智慧,突出体现学部的整体战略意图。

上述《方案》及其“六步模式”的改革举措在工程与材料科学部已顺利开展实践,成效显著。以2021年度工程与材料科学部重大项目的立项遴选过程为例:(1)学部13个学科共征集立项领域建议101项,其中立项领域建议最多的学科有12项,最少的有2项;(2)部务会审议各学科立项领域设想,战略部署共确定15项进入后续流程,学科根据设想数

量,综合考虑自然科学基金“十四五”发展规划和2021—2035年中长期发展规划,通过战略研判、通讯评审或会议研讨等形式进行充分论证,形成立项领域设想汇报初稿;(3)学部工作会议审议各学科立项领域设想汇报,同等条件下,优先考虑不同学科共同研讨提出的跨学科或跨学部交叉的立项领域设想,审议确定了13项立项领域设想进入专家咨询委员会汇报;(4)组织召开学部专家咨询委员会会议,经审议论证,进一步遴选出12项立项领域建议;(5)相关学科根据专家咨询委员会审议意见,完善重大项目立项内容,形成学部重大项目指南建议,共计12项,从板块内部的学部交叉、学科交叉、材料科学和工程科学四个层面形成了“1-2-3-6”重大项目立项领域的整体布局,提交部务会审议通过后报分管委领导审批,之后统一发布;(6)组织重大项目申请和评审,根据通讯评审结果,部务会确定参加会议评审的项目,科学部组建会议评审专家组,通讯和会议评审过程中,综合考虑项目负责人和团队成员的学术水平以及项目要求,突出能力,破除“四唯”现象,集合优势科研要素,不拘一格汇聚优秀科研人员,遴选确定了最终资助项目9项,并对项目进行财务评审确定资助经费额度。上述“六步模式”步步竞争,充分体现了学部鼓励竞争择优的遴选思路。

2.3 典型立项领域建议指南

经过一系列流程的竞争遴选后,工程与材料科学部根据《方案》的细则要点,对立项领域建议指南进行了统一调整和优化,特别是强调科学问题凝练的深度和高度,充分体现重大项目指南的前沿性、科学性和可行性。以两个典型的重大项目立项领域建议指南为例,说明项目指南在重大科学意义、科学目标以及研究内容等方面科学凝练的重要性和成效。

“第三代半导体中压电—电/光耦合新效应、材料与器件研究”——(1)科学意义:第三代半导体是信息、能源等战略行业的重要材料,世界各国均将其列为国家重点发展战略。压电极化是决定第三代半导体器件电/光性能的重要因素。如何调控压电极化,突破大功率晶体管功率瓶颈,以及提高光电器件光电转换效率是当前亟需解决的科学技术难题。因此,第三代半导体压电—电/光多场耦合效应的研究不仅能极大丰富半导体物理学,而且将变革器件设计理念及制造技术,推动其在大功率晶体管和发光二极管等重大应用的变革性突破,对电子探测技术

和照明技术具有重要意义。(2)科学目标:针对第三代半导体器件中压电极化制约大功率晶体管和发光二极管性能的瓶颈问题,研究压电—电/光多场耦合新效应,建立三维精准局域应力调控的新方法,为实现大功率晶体管和发光二极管性能的变革性突破提供理论和技术支撑。(3)研究内容:压电—电/光耦合新效应、第三代半导体材料的精准构筑、应力固化与性能调控、压电—电耦合增强的大功率晶体管的研制与应用、压电—光耦合调制的发光二极管的研制与应用。

“城市污水资源化与安全利用”——(1)科学意义:污水是重要资源,构建污水清洁高效的资源化路径不仅可以实现水的再生回用,而且可实现污染物及温室气体的高效减排。如何最大限度地降低污水再生的能耗药耗、控制由于污染物残留而导致的再生水生态风险,是当前面临的两大科学、技术和工程应用难题。因此,针对我国不同类型的污水水质特征,开展污水再生与安全利用的基础科学和关键技术研究,突破资源化与风险控制的理论与技术瓶颈,对于支撑我国实现“双碳”(碳达峰与碳中和)目标、建设生态文明具有重要意义。(2)科学目标:针对城市污水资源化过程中由病原微生物、有毒化学品残留导致的生态健康风险、由水质复杂而导致的高能耗高药耗等瓶颈问题,研究水质安全与减碳降耗的污水再生新原理和新技术,突破关键污染物定向转化与无害化新方法,构建适应我国污水特征和资源化需求的污水再生与安全利用理论和技术体系。(3)研究内容:污水资源化关键毒害因子识别与风险评估、污水中病原微生物健康风险控制理论和技术、污水中有害化学污染物的迁移转化与无害化机制、污水碳氮磷协同转化新技术原理。

2.4 立项后管理机制思考

(1) 探索重大项目容错与退出机制

针对重大项目的容错和退出机制,目前缺乏完善的制度规范。良好的项目容错与退出机制具有促进成果转化、营造宽容失败环境、激发创新热情的积极作用。工程与材料科学部未来将借鉴国外有关决策方法和经验,探索建立项目容错与退出机制。一是在立项时明确项目容错与退出机制,加强对合作必要性、各方能力、成果应用保障条件等的评审力度;二是要做好失败评价机制与预案,对于合理的失败,应予以宽容,对于不合理的失败,应制定相应的

惩罚措施。例如,项目负责人竭尽所能但研究工作最终失败,且认为已无继续开展相关研究的必要,可申请终止项目。经一定的程序评议并认可后终止项目,对项目负责人予以免责,不作负面评价;否则予以追责并进行相应处罚。

(2) 探索完善重大项目绩效评价制度

目前,包括重大项目在内的自然科学基金项目存在不同程度的“重申请、轻结题”现象,花费大量精力用于项目申请上,却不重视项目实施及其效果。工程与材料科学部将加强基金项目过程精细化管理,严格审查年度报告、中期报告和结题报告,对于数量相对较少的重大项目,强化绩效挂钩,试点探索不予结题、追回经费和优秀结题、追加经费等奖惩措施,促进重大项目实施质量提升。对于项目考察要敢动刀子,针对指标,严格把控,及时止损。制定科学的符合实际的考核办法,肯定实质性成绩和贡献。

(3) 探索建立结题后“延续评价制度”

重大项目设立的初衷是面向世界科学前沿和国家经济、社会、科技发展及国家安全的重大需求中的重大科学问题,超前部署,集中优势力量开展攻关从而在学科、行业和产业上发挥支撑和引领作用,通过重大项目的实施,不仅仅是完成项目本身的目标和任务,更重要、更有意义的是推动产生更多原创性重大成果,而基础类项目对学科的推动作用往往是有滞后性的,其产生的重大影响和效果往往在其项目完成后几年内或若干年内才充分体现出来,因此,重大项目结题后的“延续评价制度”就显得十分重要并具有现实意义。对此,工程与材料科学部将探索设立科学合理的指标体系,对完成结题的重大项目进行跟踪考核,至少在项目结题后的5年内要密切跟踪,探索制定并实施延续性的支持计划,对于产生重大影响和重大成果的,树立示范“标杆”予以支持。

(4) 探索重大项目全流程监督体系

重大项目的执行和延续影响持续多年,学科和科学部对重大项目的监督力量和手段有限,有必要探索构建主管委领导、职能局(室)、科学部、科学处以及依托单位和项目负责人的多级管理机制,明确各级职责,实施分类分级管理和监督。重大项目立项审批过程中,要强化党组的宏观把关作用,增

强职能局室的协调作用,增强科学部和学科的全流程管理责任,增强依托单位的条件保障与运行监管责任,多角度、多层次加强对重大项目的责任监督。

3 结 语

“常制不可以待变化,一途不可以应无方”。工程与材料科学部将坚持四个面向,深入推进科研范式变革,准确识变、科学应变、主动求变。在重大项目遴选和布局上聚焦“三难题”,即“卡脖子”科学难题、“卡脖子”技术难题、“卡动脉”经济社会发展难题;在项目执行实施过程中注重“三量”,即质量、变量、增量;最终实现“三高”目标,即团队高水平、科学制高点、学术高地。面向新时代国家发展的战略需求,重塑我国基础研究领域的大目标,探索并形成有使命担当、有组织引领、有学术穿透力的重大项目立项与管理新机制,只争朝夕,为建设世界科技强国贡献更大力量。

参 考 文 献

- [1] 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.
- [2] 李静海. 构建新时代科学基金体系夯实世界科技强国根基. 中国科学基金, 2018, 32(4): 345—350.
- [3] 韩宇, 莫漫漫, 吕栋, 等. 以科学基金深化改革促进《科学技术进步法》落地生根. 中国科学基金, 2022, 36(2): 181—185.
- [4] 王岐东, 何鸣鸿, 孟宪平, 等. 国家自然科学基金“十五”重大项目实施情况的分析. 中国科学基金, 2007, 21(4): 231—234.
- [5] 冯勇, 谢焕瑛, 蔡乾和, 等. 国家自然科学基金重大项目绩效评价探析及政策思考. 中国科学基金, 2022, 36(3): 483—488.
- [6] 苗鸿雁, 张鹏, 王之中, 等. 2020年度工程与材料科学部基金项目评审工作综述. 中国科学基金, 2021, 35(1): 40—47.
- [7] 赖一楠, 张鹏, 谭业强, 等. 2021年度工程与材料科学部基金项目评审工作综述. 中国科学基金, 2022, 36(1): 32—37.
- [8] 黎明, 何鸣鸿. 德意志研究联合会特殊研究领域及国家自然科学基金重大和重点项目资助方式探讨. 中国科学基金, 2001, 15(6): 364—365.

Exploration and Thinking of the Major Program Establishment and Management Reform of the Department of Engineering and Material Sciences

Qidong Wang¹ Hongyan Miao¹ Yinan Lai^{1*} Peng Zhang²
Xinrui Ding³ Mengjing Guo⁴ Zhongyu Lu⁵

1. *Department of Engineering and Material Sciences, National Natural Science Foundation of China, Beijing 100085*

2. *Qingdao University of Technology, Qingdao 266033*

3. *South China University of Technology, Guangzhou 510006*

4. *Xi'an University of Technology, Xi'an 710048*

5. *Guangdong University of Technology, Guangzhou 510000*

Abstract The Major Program is one of the important types of projects in the funding system of the National Natural Science Foundation of China. They play an important strategic role in giving play to the supporting and leading role of disciplines and promoting the production of original major achievements. This paper comprehensively reviews and analyzes the current status of major fund projects of in the Department of Engineering and Material Sciences. Some current problems in project establishment and management are highlighted. The necessity and urgency of deepening reform were clarified. The specific reform ideas, measures and practice of the Department of Engineering and Material Sciences were introduced. Some thoughts were also brought out. It provides an important reference for the reform of Major Program in the new era.

Keywords Engineering and Material Sciences; Major Program; project approval mechanism; reform of National Science Funding System

(责任编辑 魏鹏飞 姜钧译)

* Corresponding Author, Email: laiyn@nsfc.gov.cn