

国家自然科学基金力学学科发展现状和 “十三五”发展战略

詹世革¹⁾ 张攀峰

(国家自然科学基金委员会数理科学部, 北京 100085)

摘要 结合国家自然科学基金力学学科“十三五”发展战略, 介绍了力学学科的特点与战略地位, 明确了国家自然科学基金力学学科的资助范围和指导思想. 并通过对力学学科 2006—2015 年面上项目、青年科学基金、重点项目以及截至 2015 年国家杰出青年科学基金和优秀青年科学基金的申请和资助情况的分析, 总结了自然科学基金的资助现状及其推动力学学科发展的作用. 最后对“十三五”期间力学学科发展应该关注的问题给出了建议 and 政策措施.

关键词 国家自然科学基金, 力学, 资助情况, “十三五”, 发展战略

REVIEW OF NSFC PROJECTS ON MECHANICS AND THE 13TH FIVE-YEAR DEVELOPMENT STRATEGY

Zhan Shige¹⁾ Zhang Panfeng

(Department of Mathematical & Physical Science, National Natural Science Foundation of China, Beijing 100085, China)

Abstract The manuscript generally introduced the discipline characteristic and the strategic position of mechanics according to NSFC development strategy plan on mechanics during the 13th Five-Year. The supported region and guiding principle on mechanics were also presented. The project application and funding issues are presented in details, which include the General Program, Young Scientists Fund, Key Program from 2006 to 2015, and National Science Fund for Distinguished Young Scholars, Excellent Young Scientists Fund from beginning to 2015. The role of NSFC fundings to promote mechanics development was discussed. At last, the suggestion to discipline development and NSFC funding policy were given.

Key words NSFC, mechanics, funding, the 13th Five-Year, development strategy

引言

“十三五”时期是我国全面建成小康社会的决胜阶段, 经济发展进入新常态. 依靠创新驱动、塑造引领型发展成为基础研究供给侧改革的必然要求. 在 2016 年 5 月 30 日召开的全国科技创新大会、两院院

士大会、中国科协第九次全国代表大会上, 习近平总书记提出了科技创新“面向世界科技前沿、面向经济主战场、面向国家重大需求”的基本方针. 国家自然科学基金定位于“资助基础研究和科学前沿探索, 支持人才和团队建设, 增强源头创新能力”, 势必为我

本文于 2017-02-28 收稿.

1) E-mail: zhansg@nsfc.gov.cn

引用格式: 詹世革, 张攀峰. 国家自然科学基金力学学科发展现状和“十三五”发展战略. 力学学报, 2017, 49(2): 478-483

Zhan Shige, Zhang Panfeng. Review of NSFC projects on mechanics and the 13th Five-Year development strategy. *Chinese Journal of Theoretical and Applied Mechanics*, 2017, 49(2): 478-483

国实现科技革命和产业变革, 加快科学技术跨越式发展发挥积极的作用. 力学是一门应用性很强的基础学科, 其发展呈现显著的“双轮驱动”规律, 既紧密围绕物质科学中所涉及的非线性、跨尺度等前沿问题展开, 又涉及人类所面临的健康、安全、能源和环境等重大问题, 与科技创新“三个面向”的要求完全契合. 当代力学强国都在力学的基础研究和应用研究上同时发力, 谋求实现两者的良性互动.

1 力学学科的特点与战略地位

力学是关于力、运动、变形及其关系的科学. 力学研究介质运动、变形的宏微观行为, 揭示力学过程及其与物理、化学、生物学等过程的相互作用规律. 力学为人类认识自然和生命现象、解决实际工程和技术问题提供理论与方法, 是人类科学知识体系的重要组成部分, 对科学技术的众多学科分支发展具有重要的引领、支撑和推动作用.

力学学科具有完整的体系和分支学科, 并且与其他学科交叉形成了众多交叉领域, 其主要特点如下: (1) 力学是一门既经典又现代的学科, 它以机理性、量化地认识自然与工程中的规律为目标, 同时具有基础性和应用性; (2) 力学是工程科技的先导和基础, 为开辟新的工程领域提供概念和理论, 为工程设计提供有效的方法, 是科学技术创新和发展的主要推动力; (3) 力学是一门渗透性突出的学科, 具有很强的开拓新研究领域的能力, 不断涌现新的学科生长点.

17 世纪, 牛顿力学体系的创立标志着人类历史上第一门定量化学科的诞生, 引领了自然科学的兴起, 奠定了力学基础学科的地位, 是许多自然科学、技术科学的先导, 为认识自然规律、改造世界提供了最为关键和有效的手段. 力学也是生命力强大和活跃的基础学科, 在 20 世纪, 力学不仅完善了自身学科体系, 而且产生了广泛的学科交叉与融合, 促使新的交叉学科形成, 也极大地推动了其他学科的发展. 同时, 力学是几乎所有工程科技的基础和支撑, 在我国现代化建设和国家安全中发挥了不可替代的作用.

与西方发达国家的现代化进程相比, 我国尚处于工业化中后期, 同时面临着信息化的艰巨挑战. 党中央提出大力推进信息化与工业化融合, 走新型工业化道路, 这对力学学科提出了双重任务. 一方面, 要着力解决我国工业化转型发展面临的提升装备质量、降低能源消耗和消除环境污染等突出问题; 另一

方面, 要解决我国信息化发展中面临的众多力学前沿问题. 此外, 力学学科还要瞄准人类所共同面临的健康、安全、能源和环境等世界性难题, 为我国发展实现“弯道超车”和全面突破, 发挥独特作用, 提供坚实支撑.

2 力学学科基金申请和资助概况分析

2.1 力学学科主要资助范围和指导思想

国家自然科学基金委员会(以下简称“基金委”)数理科学部力学科学处主要资助力学中的基本问题和方法、动力学与控制、固体力学、流体力学、生物力学、爆炸与冲击动力学等力学学科分支领域的研究. 一方面资助处于国际前沿、具有创新学术思想的研究项目, 另一方面侧重资助与我国社会经济可持续发展 and 国家安全紧密结合的、能推动工程技术发展的研究项目, 鼓励利用国内现有仪器设备和重点实验室开展力学的实验研究, 提倡与相关学科的研究人员联合开展学科交叉问题的研究.

2.2 力学学科基金项目申请和资助概况

为了更好地了解国家自然科学基金力学学科的资助情况, 表 1~表 3 分别列出了 2006—2015 年 10 年来面上项目、青年科学基金和重点项目的申请和资助情况(2015 年根据新修订的《国家自然科学基金资助项目资金管理办法》(财教[2015]15 号), 科学基金项目资金分为直接费用和间接费用, 所列出资助金额和平均强度为直接费用, 后面资助强度分析中均按不计设备购置费折算为资助总经费). 随着国民社会经济的持续发展, 国家对基础研究经费投入稳定增加, 三类项目的申请数、资助数和资助强度也在不断加大. 这 10 年, 国家自然科学基金面上项目的申请数和资助数分别增长 51.06% 和 82.23%, 资助率增长了 5 个百分点, 平均资助强度增长了 158.54%; 青年科学基金随着国家科教兴国战略下博士招生规模的扩大快速增长, 申请数和资助数 10 年内分别增加到 322.61% 和 381.25%, 规模逐步逼近面上项目水平, 资助率增长了近 4 个百分点, 但是平均资助强度基本保持不变; 重点项目的申请数和资助数分别增长 56.81% 和 60.00%, 平均资助强度增长 95.31%.

国家杰出青年科学基金(以下简称“杰青”)是国务院 1994 年批准设立、国家自然科学基金委员会负责管理的专项基金. 杰青支持在基础研究方面取得突出成绩的青年学者自主选择研究方向开展创新研究, 旨在促进青年科技人才的成长, 吸引海外人才,

表1 2006—2015年面上项目申请和资助情况

年份	申请数	资助数	资助率	资助金额	平均强度
2006	801	197	24.6	6253	31.7
2007	858	205	23.9	7076	34.5
2008	880	224	25.5	8340	37.2
2009	943	243	25.8	9182	37.8
2010	1019	276	27.1	11499	41.7
2011	1205	342	28.4	22247	65
2012	1438	368	25.6	30814	83.7
2013	1236	366	29.6	30546	83.5
2014	1013	316	31.1	28016	88.7
2015	1210	359	29.7	24532	68.3

注: 资助金额单位为万元, 2015年度资助经费为直接费用, 表2、表3同。

表2 2006—2015年青年科学基金项目申请和资助情况

年份	申请数	资助数	资助率	资助金额	平均强度
2006	230	64	27.8	1530	23.9
2007	279	78	28	1677	21.5
2008	352	106	30.1	2346	22.1
2009	492	130	26.4	2873	22.1
2010	568	165	29.0	3642	22.1
2011	765	240	31.4	6240	26.0
2012	827	251	30.4	6526	26.0
2013	851	272	32.0	7137	26.2
2014	986	313	31.7	8213	26.2
2015	972	308	31.7	6650	21.6

表3 2006—2015年重点项目申请和资助情况

年份	申请数	资助数	资助率	资助金额	平均强度
2006	44	10	22.7	1920	192.0
2007	48	10	20.8	2010	210.0
2008	42	12	28.6	2530	210.8
2009	41	12	29.3	2530	210.8
2010	56	12	21.4	2795	232.9
2011	64	12	18.8	3760	313.3
2012	68	15	22.1	4700	313.3
2013	69	13	18.8	4095	315.0
2014	78	16	20.5	5920	370.0
2015	69	16	23.2	5000	312.5

培养造就进入世界科技前沿的优秀学术带头人。优秀青年科学基金项目是基金委自2012年起设立的一个人才项目, 将与青年科学基金项目和杰青之间形成有效衔接, 完善国家自然科学基金人才资助体系。主要支持具备5~10年科研经历并取得一定科研成就的青年科学技术人员, 在科研第一线锐意进取、开拓创新, 自主选择研究方向开展基础研究。

截至2015年, 基金委力学学科分别资助杰青(1994—2015)和优青项目(2012—2015)94和38项,

其依托单位分布情况见表4和表5。这些单位覆盖了我国力学基础研究的主要高校和相关研究所, 但是和总申请量不一致的是国防相关的院校和研究所相对比例较低, 这主要是由于面向国防重大需求的基础研究成果积累以及评价体系的差异导致的。这些学者逐步成为各自领域内的优秀学术带头人和中坚力量, 为力学学科的均衡可持续发展奠定了基础。

表4 国家杰出青年科学基金项目资助依托单位分布

项数	依托单位
12	清华大学
11	中国科学院力学研究所
9	北京大学
6	北京航空航天大学
5	哈尔滨工业大学、西安交通大学、中国科学技术大学
4	北京理工大学、大连理工大学、浙江大学
3	上海大学
2	兰州大学、湖南大学、上海交通大学、同济大学、湘潭大学、郑州大学、中国空气动力研究与发展中心
1	北京工业大学、北京交通大学、国防科技大学、国家纳米科学中心、河海大学、吉林大学、南京航空航天大学、四川大学、西北工业大学、西南交通大学、中国科学院研究生院、中国工程物理研究院总体工程研究所

表5 优秀青年科学基金项目资助依托单位分布

项数	依托单位
5	清华大学
4	北京大学
3	北京航空航天大学、哈尔滨工业大学、浙江大学
2	北京交通大学、上海大学、上海交通大学、中国科学技术大学、中国科学院力学研究所、中国人民解放军国防科学技术大学
1	北京工业大学、东南大学、国家纳米科学中心、南京航空航天大学、厦门大学、天津大学、西安交通大学、西北工业大学

图1给出了杰青、优青负责人年龄分布情况。杰青负责人获资助平均年龄为41.1岁, 优青负责人获资助平均年龄为35.5岁。杰青负责人年龄主要分布在37~45岁之间, 36岁以下只有零星分布。年龄总体偏大, 44、45岁获得资助人数达到24项, 占资助项目数25.53%。优青负责人在35、36岁达到最高峰, 共有20项, 占资助项目数的52.63%。基本对应了博士毕业后独立开展科研工作5~6年的时间期限, 资助了一批脱颖而出的青年人才。

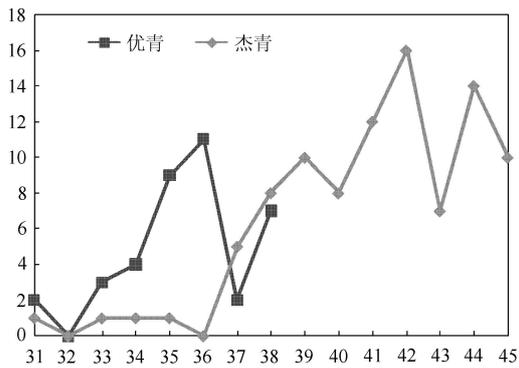


图 1 杰青和优青项目负责人获奖年龄分布

图 2 和图 3 分别给出了杰青、优青负责人按分支学科领域分布的情况. 其中固体力学比例最大, 杰青和优青项目所占比例分别为 59% 和 53%, 与其总体申请量占比 1/2 基本对应; 流体力学杰青和优青项目所占比例分别为 22% 和 18%, 比其总体申请量占比 1/4 要低, 特别是优青项目差别更为显著. 动力学与控制杰青和优青比例分别为 12% 和 13%, 也比其总体申请量占比要低. 生物力学和爆炸力学占比基本与其申请量占比对应. 优青资助上, 生物力学占比达到 11%, 远高于其在力学总体申请量的占比.

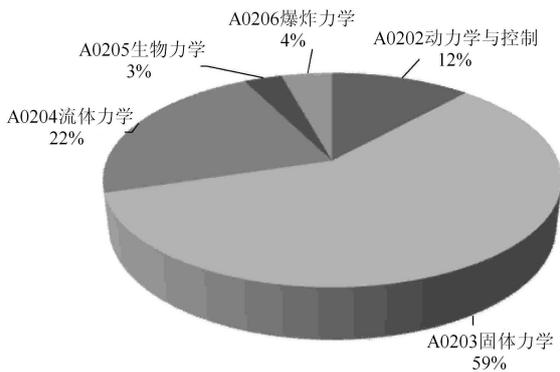


图 2 国家杰出青年科学基金资助项目按分支学科领域分布

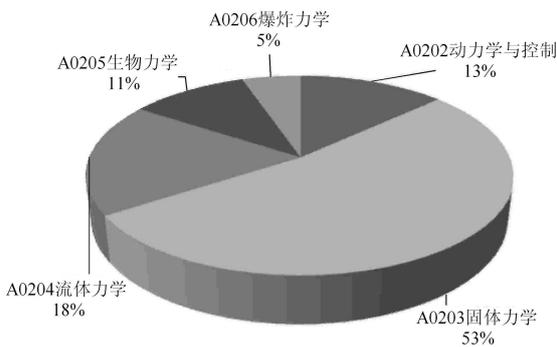


图 3 优秀青年科学基金资助项目按分支学科领域分布

2.3 经费资助状况与作用分析

国家自然科学基金作为国家支持基础研究的主要资助渠道之一, 肩负着源头创新的重要历史责任. 科学基金良好的运行机制和持续稳定的经费投入, 保证了力学学科基础研究队伍的不断发展壮大, 为繁荣基础研究、全面提升国家自主创新能力、建设创新型国家发挥自己的独特作用.

(1) 维持了力学基础研究队伍的适度规模. 我国与欧、美、日等工业发达国家明显不同, 除中国科学院力学研究所和若干行业拥有与力学相关的研究院所外, 高等院校中还设有 100 多个力学系(所). 在学术队伍方面, 我国有 30 余名从事与力学相关研究的两院院士, 约有 8000 人的力学基础研究队伍, 中国力学学会的会员总数超过 2 万人. 国家自然科学基金通过稳定的经费支持机制, 保障了科研人员潜心研究, 加快推动我国基础研究发展, 在未来国际科技竞争中把握主动权, 占据优势地位.

(2) 支持了力学学科及其领域的基础研究. 通过国家自然科学基金面上项目的长期稳定支持, 我国力学工作者在非线性动力学与控制、航空航天动力学与控制、材料变形和破坏的多尺度与跨尺度力学、结构优化设计方法、固体光测实验力学、复合材料力学、多场耦合作用下固体的破坏和强度、极端环境下的材料/结构的关键力学问题、可压缩湍流与稳定性、高超声速空气动力学以及力生物学与细胞力学实验方法等优势方向得到了进一步加强. 同时也拓展了神经系统动力学行为的识别和分析方法、认知系统动力学、纳米/多孔/超材料/软物质等新材料力学、多物理场耦合及多过程相关的理论与方法、材料-力-化学耦合、极端条件下材料与结构响应的测试方法、微纳尺度流动和界面效应、生命过程的力学-生物学耦合以及细胞组织再生的生物力学等一批前沿领域.

(3) 引导了结合国家重大需求开展的基础研究. 通过国家自然科学基金重点项目、重大项目和重大研究计划的实施, 引导我国力学工作者结合国家重大需求开展基础研究, 增强了从实践中提炼科学问题的能力, 也对国家重大工程提供知识贮备和技术支持. 尤其是 2002 年和 2007 年, 分别启动了国家自然科学基金重大研究计划“空天飞行器的若干重大基础问题”和“近空间飞行器的关键科学问题”, 它们是我国在高超领域提出的第一个研究计划, 引导科学家围绕国际上关注的航空航天高超声速飞行器

研究中的关键科学问题开展了系统的基础研究,体现了力学作为航空航天技术最重要的基础和支撑学科的作用,反映了“前瞻性、科学性、基础性和支撑性”的顶层设计思想,充分体现了力学学科基础研究“双轮驱动”的特点,其战略意义是重大和深远的。

(4) 培养了一批青年人才和优秀学术带头人。目前,力学研究队伍呈现年轻化的趋势。从前面申请和资助概况也可以看出,2006—2015年10年间,青年科学基金的申请数从230项增加到972项,青年学者的规模有了突破性增长,而面上项目负责人的年龄也呈现出年轻化的趋势。国家自然科学基金不断完善人才资助体系,已经建立起青年科学基金、优秀青年科学基金和国家杰出青年科学基金的人才系列资助链条。力学科学处也积极组织青年学者的培训和交流活动。目前在动力学与控制、固体力学、流体力学、生物力学、爆炸力学5个学科分支领域,以及在实验力学、计算力学2个跨学科分支领域已经建立了“全国青年学者学术研讨会”的品牌。及时把握学科发展态势,甄选力学学科的基础和前沿重要领域,组织高级讲习班和专题学术研讨会。给青年学者提供高起点、跨学科的学术交流平台,便于他们了解学科前沿动态、拓宽学术视野、活跃学术思想,引导青年科技人才健康发展。

3 力学学科“十三五”发展战略与优先发展领域

3.1 “十三五”发展战略

未来5年,基金委将继续鼓励力学学科原创性及引发学科理论创新的研究,重点加强面向国家重大需求的新概念、新理论、新方法和新技术研究,加大支持薄弱方向,不断促进学科交叉,培育新的学科生长点。到2020年,努力培养具有国际影响力的力学家,形成在国际上有影响力的学科高地。“十三五”期间,重点支持多场多过程下固体的本构理论及极端力学行为、近空间高超声速流场内局部稀薄气体流态机理和方法研究、高速流动中的可压缩湍流问题、非线性系统的跨时空尺度动力学耦合机理及其应用等前沿问题的研究;加强新型材料的本构关系与强度理论、超常环境下材料与结构的力学行为、湍流理论及机理、高超声速空气动力学模拟与实验、航空航天动力学与控制、生物组织与仿生材料的多尺度力学行为等优势学科;着力扶持多体动力学、结构力学和高速水动力学等薄弱学科;加强关注航

空、航天、能源、海洋、环境、先进制造、交通运输、人类健康等重大需求领域中的关键力学问题,形成对国家重大需求的重要支撑能力。

3.2 优先发展领域

(1) 高维/非光滑系统的非线性动力学理论、方法和实验技术

主要研究方向:含非线性、非光滑性、时滞和不确定性等因素的高维约束系统的动力学建模、分析与控制,及学科交叉中的新概念和新理论;相关的大规模计算和实验方法和技术研究。

(2) 超常条件下固体的变形与强度理论

主要研究方向:超常条件下固体的变形与强度理论、柔性结构多场大变形本构关系与功能-材料-结构一体化设计原理、新型复杂结构的不确定性动态响应规律及固体中弹性波传播机理;相关的新实验方法与仪器、多尺度算法与软件。

(3) 高速流动及控制的机理和方法

主要研究方向:与高速空天飞行器和海洋飞行器流动以及多相复杂流动相关的湍流机理及其控制手段;稀薄气体流动和高速流动的理论、模拟方法及实验技术。

4 建议与政策措施

在“十二五”期间,我国力学水平有了显著提升,在力学学科前沿研究、与其他学科交叉融合、解决国家重大工程问题等方面,均取得令人鼓舞的进展。对于“十三五”期间力学学科的发展建议与政策措施如下:

(1) 力学是数理科学部中与国家重大工程需求联系最密切的学科。建议针对“海洋工程”、“能源与资源”、“环境与灾害”、“航空航天”等国家重大工程领域,着力推动重大研究计划、重大项目、重大科研仪器方面的布局和立项,成为引领科技重大专项的源头。例如,在海洋结构与装备的流固耦合力学、页岩气开采的断裂力学、能源材料-力-化学耦合、超高温材料力学、大型空天结构动力学、高效毁伤与防护力学、环境保护与环境流体力学及灾害力学与防护控制等领域给予重点支持。

(2) 建议在力学学科代码中增加“航空航天力学”、“流固耦合响应与控制”、“神经网络动力学及其应用”、“仿生与生物材料力学”、和“微纳尺度流动”等学科代码。

(3) 建议针对力学实验研究的特点, 建立这类项目的评审标准、结题标准。一方面, 应鼓励以重大问题、核心问题为牵引研究实验技术及科学仪器; 另一方面, 鼓励实验力学研究者更加注重交叉问题, 将其他学科的新技术与力学测试技术相结合, 自行设计和研制重大科学仪器。

(4) 建议针对力学学科深度服务国防科技、国防科技需要高度保密等特点, 积极探索对国防科技领域重大基础研究项目的资助模式、评审和评价标准, 出台相关的特殊政策。

(5) 力学是国防科技发展, 特别是航空航天科技发展的主要支撑学科。我国的国防科技和工业领域拥有一大批重大科研设施, 可为爆炸力学、冲击力学、空气动力学、船舶流体力学和飞行器力学与控制等方面的基础研究提供重要的研究手段和技术支撑。然而, 由于国防科技和工业部门的特殊性、重大科研设施使用费昂贵等原因, 重大科研设施的开放度和使用率还不高。建议制定专门的“一揽子”政策, 解决如何依托重大科研设施申请研究项目、联合开展

研究、优惠实验费用和项目质量评估等方面存在的问题。

(6) 结合基金委基础科学中心项目的设立, 建议选择若干个学术水平高、国际合作好的研究群体, 资助其建设国际力学研究中心; 经过若干年建设, 成为国际力学研究的高地。

致谢 本文学科特点、战略地位以及发展建议措施部分源自于国家自然科学基金“十三五”规划力学学科战略研究报告, 在此对力学“十三五”规划战略研究专家组表示感谢!

参 考 文 献

- 1 张攀峰, 詹世革. 力学学科“十二五”国家自然科学基金项目申请和资助情况. 力学学报, 2016, 48(1): 243-253
- 2 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, 2016年6月
- 3 国家自然科学基金委员会数学物理科学部. 国家自然科学基金数理科学“十三五”规划战略研究报告. 科学出版社, 2017年1月
- 4 国家自然科学基金委员会, 中国科学院. 未来10年中国学科发展战略-力学. 北京: 科学出版社, 2012年2月

doi: 10.6052/0459-1879-17-061