

·学科进展与展望·

# 平等竞争、科学民主、鼓励创新

## ——国家自然科学基金委员会机械学科的发展历程和基本经验

雷源忠 王国彪 陈志英 黎明

(国家自然科学基金委员会工程与材料科学部,北京 100085)

**[摘要]** 国家自然科学基金委员会(以下简称自然科学基金会)自1986年成立以来机械学科资助了2200多项基础研究项目,推动了我国机械工程学科的发展;为机械工程提供了一大批新理论、新技术和新方法,提升了我国制造业及其装备的技术水平;同时培养和造就了一大批高素质和高学术水平的专家、学者和教授。本文回顾了自然科学基金会成立以来机械学科的发展历程,总结了基金管理工作中的基本经验,指出了目前研究中存在的不足与差距。

**[关键词]** 国家自然科学基金委员会,机械科学,发展历程,基本经验

### 1 资助简况

自1986年自然科学基金会成立以来,机械学科共资助2114项面上项目(图1)、52项重大重点项目、25项国家杰出青年科学基金项目,总资助经费约3.5亿元。资助项目的成果丰硕。据不完全统计,在 *Transaction of ASME*、*IEEE*、*JSV*、《机械工程学报》和《中国机械工程》等国内外重要学术刊物上发表论文万余篇、出版专著数百部、获国家发明专利200多项、获国家自然科学基金9项、国家科技进步奖30多项、省市级科技奖励300多项;项目理论和技术成果应用在工程上,获得间接或直接经济效益数10亿元;科学基金资助项目锻炼培养的博士、硕士生近万名,不少学者成了我国高校和研究单位的学术骨干。在此期间,一些多次获得基金资助的优秀学者获得了院士称号,有些多次获得基金资助的教授走上了领导岗位。国家自然科学基金连续十几年的项目资助,对我国机械工程科学的发展和完善、对解决现代科学技术、机械工业和制造业中的基础科学技术问题、造就我国现代化建设所需的高素质学术和技术人才发挥了不可替代的作用,在国内外学术界产生了重要的影响。

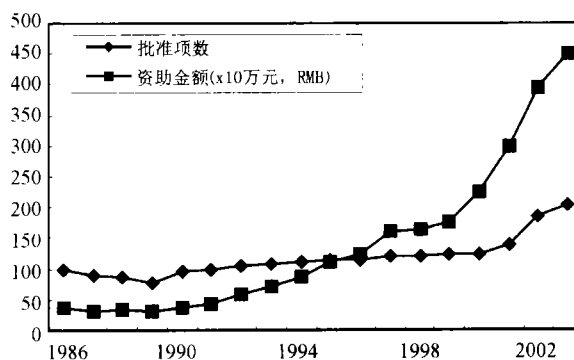


图1 1986—2003机械学科资助的面上项目数和资助经费示意图

### 2 学科发展战略是指导学科工作的指南

学科工作者大都来自科研单位,他们的科研经验和学科专业知识为做好基金管理工作准备了条件,但他们的知识与整个学科和专家的知识比较,不过是“沧海一粟”。专家及专家群体的知识和智慧是学科工作取之不尽,用之不竭的源泉。因此要做好学科工作,为国家管好用好科学基金,必须依靠学科专家群体的作用。

机械学科在1988—1990期间先后启动了3个学科发展战略研究,参加研究的专家超过200名,研讨产生并撰写出版的以华中科技大学师汉民教授为

本文于2003年11月13日收到。

此文的部分内容已在《机械工程学报》2003年第10期上发表。

研究组组长的“机械制造(冷加工)发展战略研究报告”、以清华大学潘际銮院士为研究组组长的“机械制造(热加工)发展战略研究报告”和以天津大学石则昌教授为研究组组长的“机械学发展战略研究报告”,3种研究报告全面、科学地界定了机械学科的学科定义和学科内涵,提出了资助方向、资助范围和重点资助领域。

基础研究和应用基础研究应具有前瞻性、先导性,自然科学基金会的资助应具有正确的导向作用<sup>[1]</sup>。在1988年资助的重大项目中,数控技术、电流变技术和超精密加工的基础性研究曾对我国这三个领域的发展起了重要的先导作用;1991年在全国科技界率先资助了微型机械制造重点项目,对后来我国微机电系统(MEMS)的研究起到了重要的导向作用<sup>[2]</sup>;1992年,学科在快速原型制造(RPM)领域的资助,开辟了机械学科与材料科学、信息科学、计算机技术、激光技术全面交叉的时代<sup>[3]</sup>。

1994—1995学科组织专家撰写出版的《机械工程科学技术前沿》一书以及1995—1996年组织了以华中科技大学熊有伦院士为研究组组长研究并撰写出版的《先进制造技术基础》一书对推动我国20世纪90年代的机械学科发展起到了重要作用。虽然机械学科是个传统学科,但由于这个学科的专家们能主动与信息科学、生命学科、管理学科、材料学科交叉,促使新的学科交叉领域不断涌现,如微型机械、快速原型制造、智能结构、机械结构及系统、快速可重组制造系统、敏捷制造、虚拟制造、纳米加工与测量、生物制造和仿生机械等,使传统的机械学科青春焕发,充满了生机和活力。2001年立项论证并资助的“先进电子制造中的重要科学技术问题”重大项目,不仅扩展了学科领域,在精微极限制造方面推进了学科的发展,而且将为我国下一代微电子制造技术和微电子产业的发展作出贡献<sup>[4]</sup>。

### 3 创新是基础研究之本,鼓励和保护创新是学科工作的第一要务

基础研究是科学创新的源泉,是新技术、新发明的先导,是培养和造就科技人才的摇篮。基础研究根本任务是认识自然,揭示和发现自然规律,回答“是什么和为什么”的问题。应用基础研究的根本任务是在认识自然规律的基础上,提出改造自然的新理论、新方法和新技术,回答“做什么和怎么做”的问题<sup>[5]</sup>。自然科学基金会鼓励和资助源头创新的项目,但源头创新项目毕竟是凤毛麟角,目前大部分资

助的都是跟踪型创新项目。目前的同行评议制度和鼓励源头创新有矛盾之处。源头创新的项目,往往由于其新原理与旧原理相悖,且本身存在诸多不完善之处,因而不容易在同行中达成共识。因此,应当采取措施加以保护。

如1996年有一个交叉科学领域的非共识创新申请项目,提出了非光滑表面的柔性减粘减阻仿生机理研究,5份同行评议中只有2份意见同意资助,有2份不同意资助,1份为其他意见,主要不同意资助的原因是依据不足及可行性问题。学科采取了保护措施,最后在评审组讨论投票通过了。现在非光滑表面仿生研究得到了较大的发展,形成了一个重要的交叉学科研究领域,建成为教育部实验室,并在国内外学术界产生了重要影响。现在部分仿生技术成果已经用在工程中,产生了显著的效益。

又如,重庆大学秦树人教授申请的机械学科与信息科学交叉的小波分析仪器和虚拟仪器研究项目,一开始也未在同行中获得共识,但经学科保护送评审组后得到资助。之后,由于这两个项目的成果突出,先后分别获得2项国家教育部科技进步奖一等奖。

近3年来,为了保护创新,自然科学基金会设立了小额探索项目,机械学科共资助了48项小额探索项目,收到了很好的效果,得到了国内外学术界的肯定。

### 4 “依靠专家”是科学基金制运行的基础

自然科学基金会在短短的10多年能有此成绩,从根本上说是由于“平等竞争、科学民主、鼓励创新”的运行机制决定的。只要符合申请资格的科研人员,就可以根据项目指南自由申报基金项目。学科管理人员依靠专家评审项目、鼓励创新并择优资助。在自然科学基金会“依靠专家、发扬民主、择优资助、公正合理”16字评审方针中,“依靠专家”是最重要的工作方针。

要真正做好“择优资助,公正合理”,就要克服学科工作者知识和经验的局限性,全心全意地依靠专家,依靠专家群体的作用。学科工作中,如在学科优先领域的制定、项目评审、项目检查验收等学科工作中,要依靠专家,首先要通过各种场合认识专家、了解专家,才能使用好专家,这是最重要,又是最不容易做好的一件工作。

自然科学基金会建立了由国内最有威望的专家组成的全委会和具有高学术性、权威性、公正性和代

表性的专家组成的学科评审组,一大批机械领域的著名专家在自然科学基金会成立初期就成为全委会成员或机械学科评审组成员,他们在决策资助方向、定义学科资助范围、制定项目指南和择优资助项目等方面起到了奠基和开拓的作用<sup>[6]</sup>。

近些年来,几届学科评审组专家为学科的新发展做出了重要贡献。学科建立了由1200多名学术造诣深、知识面广、处事公正的专家组成的同行评议专家库。他们是机械学科申请项目同行评议的主力军,在评审项目中起了重要作用,为我国基金事业做出了重要贡献。

## 5 绩效挂钩、连续资助是促进资助项目多出成果的重要举措

自然科学基金会以不多的经费资助了数以万计的专家学者,产生了很多很好的理论和技术成果。但也有不少项目完成不好。有的认为,基金项目难申请,但一旦拿到,交差容易。为此,我们在项目评审中实行了绩效挂钩的原则,如原承担的项目完成优秀者,新申报项目给予鼓励(同等优先)。少数项目完成质量差或未执行自然科学基金会有关规定的,新申报项目时根据情节轻重给予一定的惩处。

学科建立了评价规则和评价系统,以评价资助项目完成的好坏,鉴定项目成果的优劣。如在 *Transaction of ASME*、*IEEE*、*JSV*、《机械工程学报》等国内外重要学术刊物上发表3—5篇论文,或获得省级科技进步奖二等奖以上者可以评为优秀项目。2002年,在大连举办的第5届海内外青年制造科学会议上,由几十位海内外学者组成的专家评议组对参加项目进展和成果展示的近200个资助项目进行评价,评出了“十佳”项目,在2003年的项目评审中,他们申请的项目大都得到了优先资助。

一个领域的基础研究如果仅获一次资助,一般是不可能获得重要的进展和成果的,往往需要进行连续资助。如获得国家自然科学奖二等奖的清华大学温诗铸、雒建斌研究的“纳米薄膜润滑理论和实验研究”成果,就获得过包括重点项目、国家杰出青年科学基金和面上项目在内的11项基金的连续资助。获得国家科技进步奖一等奖的湖南大学钟志华研究的“汽车覆盖件塑性成型理论和技术研究”成果,就连续获得过国家杰出青年科学基金、自然科学基金重点项目、中国-福特联合重点基金和面上项目等多项资助。

## 6 海内外青年制造科学系列会议促进应用基础研究与国际接轨

青年是国家的未来,也是学科的未来。自然科学基金会从诞生之日起就十分重视对青年的支持。1987年设立了青年基金,1994年设立了国家杰出青年科学基金。有25位博士先后获得机械学科国家杰出科学青年基金的资助,他们是机械工程科学领域青年中的佼佼者。

国际交流与合作是实现我国基础研究与国际接轨的必经之路。自然科学基金会十分重视和支持青年的学术活动。在自然科学基金会领导的积极倡导和支持下,1994年,机械学科在洛阳召开了第一届制造科学青年论坛;1996年,在济南发展为有海外青年学者参加的第二届青年制造科学研讨会;1998年,与美国吴贤铭基金会在武汉联合召开的有180名代表(其中海外学者60名)参加的第三届海内外青年制造科学会议,在国内外制造学术界产生了重要影响,与会部分代表受到了党和国家领导人的接见;2000年,2002年又分别在杭州和大连召开了第四、五届海内外青年制造科学会议。

由于会议的规模 and 影响越来越大,海内外青年制造科学会议更名为两年一届的“设计与制造前沿国际会议(International Conference on Frontiers of Design & Manufacturing,简称ICFDM)”。第六届海内外青年设计与制造科学会议将于2004年6月21—23日在西安举办。成功召开的5届海内外青年制造科学会议加强了国内外学者在设计与制造领域的学术交流与合作,吸引了如美国Michigan大学倪军博士为代表的众多海外学者回国服务。会议期间展示的机械学科资助项目进展和成果,促进了海内外的学术交流合作和项目的进展,推动了学科的发展。

## 7 应用基础研究应当围绕国家目标、面向工程应用

我国制造业的振兴急需我国自己的先进制造理论、技术和装备。机械学和制造科学领域的应用基础研究要“顶天立地”,一要瞄准学科前沿,研究应具有基础性和前瞻性;二要瞄准机械工程实际和我国制造业中的关键技术和科学问题,研究应具有先导性和应用前景。对于制造技术基础研究来说,研究的成果仅有高水平的论文是不够的,还应有解决我国制造业中的关键工艺、技术和方法的成果。为了鼓励基础研究与工程实际的结合,机械学科项目指

南中提出项目申报中如有与企业的合作协议,可视为一份同行评议,给予同等优先支持。2002年资助的自然科学基金会重大项目“先进电子制造中的重要科学技术问题”,不仅实现了与上海市科委的联合资助,而且还在申请指南中要求申请书中必须要具有与国内电子企业的合作协议<sup>[7]</sup>。

近年来,很多基础研究项目成果已经应用到我国制造企业中,产生了巨大的经济效益。据不完全统计,从一开始就得到国家自然科学基金资助的项目成果获得国家科技进步奖和省市级二等以上科技奖励的成果共有数百项,为国家创造了巨大的经济效益。例如,先后获得3项国家科技进步奖二等奖的“快速原型制造”成果的西安交通大学卢秉恒、华中科技大学黄树槐和清华大学颜永年教授及其他的科研梯队,他们在研究早期就得到了自然科学基金会的项目资助,由于不断解决了快速成形制造中的关键科学技术问题,不仅促进了学科交叉和学科发展,同时不少的理论和成果转化成了生产力,促使其产品产生了显著的经济效益,为我国知识经济的发展做出了宝贵贡献。

## 8 面临的机遇与挑战

全球化、信息化和知识化是新世纪制造业发展的大趋势,中国正在成为一个制造大国,但还远远不是一个制造强国,如何从“Made in China”发展成“Made by China”是制造业今后努力的目标。国家正在制定振兴制造业、制造技术与科学的战略。制造业和机械工程将面临一个大发展的机遇。另一方面,我国与发达国家相比还有很大的差距:我国制造业的世界名牌产品不多,没有一个制造企业进入世界500强。我们还不具备复杂大型机械系统、高技术装备,如大型飞机、高档汽车、高精密仪器、高技术装备(如微电子)的总体设计和制造的理论、技术和能力。挑战和机遇并存,风险与胜利同在。

在装备领域,许多高技术仪器和重要装备目前还要依赖外国进口。在高新技术领域(如微光电子)、国家科学工程和大型机械工程中我们还不能提供高水平和高质量的设计制造理论、方法、技术与装备。

在产品领域,我国还不拥有如大型飞机、高档汽车等大型复杂系统的自主设计知识版权。复杂机械系统的方案创新设计、系统整体设计、系统优化设计、动态设计的理论、技术和方法还有待突破。

制造的基础工艺、基础技术和基础数据对提升

我国制造业竞争能力十分重要,新工艺可导致技术发明,但如何提炼工艺中的关键科学问题却非易事;基础数据在制造仿真模拟中不可缺少,但又不易得到,还不好发表论文,因而往往不被人们所重视。

MEMS领域的研究,虽然已经开展了十几年,但关键的制造工艺、测量和机械学问题并没有根本解决。MEMS如果要想得到大的发展,必须在应用上寻找突破口。生物制造与仿生机械、纳米制造技术都已经有了很好的进展,但如何深入进行学科交叉研究以及与工程需求结合,还面临许多新的课题。

工业工程研究在我国是个年轻的领域。但如何实现制造技术与制造管理科学的有机融合,开创中国特色的工业工程科学和技术,还有不少差距。网络制造、绿色制造是非常重要的研究领域,但有重要意义的科学技术问题却不容易挖掘出来。

在基金项目申请中,目前存在一种“重数字仿真、轻物理模拟;重理论推导、轻物理实验”的缺“钙”综合症;制造技术基础研究领域的申请书中与企业具有合作关系和合作协议的并不多,研究的技术不具备好的应用前景、不利于研究成果的推广和应用。在学术界,存在一种急于和重复发表论文、急于成果鉴定的急躁、浮躁现象,不利于研究工作的深入和创新成果的产出。

制造科学在美国国家自然科学基金会等发达国家的基金组织中都有很重要的地位。但在自然科学基金会的学科设置中,制造至今还没有成为一个相对独立的学科,不利于基金对制造学科的投入,不利于制造技术与科学的发展。

## 9 结束语

10多年来,机械学科的工作在众多海内外专家学者的支持和帮助下取得了一定的成绩;与此同时,我国机械工程科学基础研究取得了重大进展。但与时代的要求、科技的发展和国家的需求仍存在很大的差距。道路已经开通,航线已经探明,“乘风破浪今是时,直挂云帆济沧海”。21世纪中华民族的伟大复兴宏图为机械工程和制造技术与科学提供了极好的机遇和严峻的挑战。可以肯定,机械工程科学将在此宏图伟业中得到更大的发展。

## 参 考 文 献

- [1] 中华人民共和国科学技术部,国家自然科学基金委员会. 中国基础科学发展报告. 2001.
- [2] 国家自然科学基金委员会工程与材料科学部工程科学技术前

- 沿编委会. 机械工程科学技术前沿. 北京: 机械工业出版社, 1996.
- [3] 雷源忠, 黎明. 机械工程科学前沿和优先领域的初步构想. 国家自然科学基金委员会工程与材料科学部工程科学技术前沿及优先资助领域研讨会论文集. 1999: 213—217.
- [4] 雷源忠, 雒建斌, 丁汉. 计算机制造中的关键科学问题. 机械工程学报, 2002, 38(11): 1—6.
- [5] 李乃胜. 青岛基础科学研究进展. 青岛: 中国海洋大学出版社, 2003.
- [6] 雷源忠, 黄志建, 陈栋豪. 国家自然科学基金机械工程科学资助概况与分析. 北京: 机械工业出版社, 1994.
- [7] 雷源忠, 黎明. 关于发展制造技术研究的策略. 中国科学基金, 1996(1): 27—30.

## PRIMARY EXPERIENCES OF THE DIVISION OF MECHANICAL ENGINEERING OF NSFC

Lei Yuanzhong Wang Guobiao Chen Zhiying Li Ming

(Department of Engineering and Material Sciences, NSFC, Beijing 100085)

**Abstract** More than 2200 projects have been supported in the Division of Mechanical Engineering of NSFC (National Natural Science Foundation of China) since 1986. These projects have been promoting the development of Mechanical Engineering Science, providing a lot of new theories, techniques and methods for engineering. In addition, manufacturing technology and equipment in China have been upgraded profiting from the results of these projects. And many distinguished experts, scholars and professors are bringing up. This paper reviews the development course of Mechanical Engineering Science, summarizes the primary experiences of NSFC proposals evaluation and projects management, points out the deficiency and gaps of current researches.

**Key words** NSFC, Mechanical engineering science, development course, primary experience

·资料·信息·

### 国家自然科学基金带动地方联合支持基础研究工作

为了加强知识创新与技术创新的结合,国家自然科学基金委员会计划局于2002年9月与青岛市科技局签署了一份加强科技合作与交流的协议,目的是通过国家自然科学基金促进地方基础研究工作开展和地方原始性科技创新能力提高。根据协议的有关内容,青岛市科技局开展了系列工作,并针对近年来青岛市科研人员获得国家自然科学基金资助项目的情况,选择了部分对青岛地区社会经济与科技发展有重要意义并具有应用前景的项目进行了配套

支持。2002年到2003年间,共给予22项国家自然科学基金项目计77万元的配套资金支持,涉及国家自然科学基金委员会6个科学部的资助项目。这一做法在青岛市产生了较大的社会反响,取得了一定的成效。青岛市科技局根据前期工作的效果,积极希望与我委采取更多的方式进行合作,支持基础研究工作,提高我国的科技原创力和核心竞争力。

(计划局 供稿)