

•基金纵横•

促进知识创新与技术创新有机结合的一个成功范例*

韩宇 孟宪平 朱蔚彤 赵学文 朱大保 梁文平

(国家自然科学基金委员会,北京 100085)

“环境友好石油化工催化化学与化学反应工程”(以下简称环境友好)是国家自然科学基金委员会于1996年立项,与中国石油化工集团公司(以下简称中石化)联合资助的“九五”国家自然科学基金重大项目。该项目以发展独特、先进和环境友好的石油化工新技术为背景,在导向性基础研究、推动技术创新的开拓性探索和开发环境友好新技术的生长点3个层次进行部署,选定当时石化工业4个关键技术的科学问题为研究内容,突出学科交叉和产学研结合的特色与优势,在知识创新、技术创新、管理体制创新等方面取得了可喜的成绩。在成果转化道路上迈出了坚实的一步,为加快知识创新到技术创新积累了宝贵的经验。国家自然科学基金委员会和中石化联合组织的结题验收专家组认为:该项目总体上已处于国际先进水平,有的课题已达到国际领先水平。

1 基本情况

1.1 多数课题已取得了一些国际水平的研究成果

如在液-液两相催化领域中,提出“温控相转移催化”的新概念,并成功地应用于水/有机两相高碳烯烃氢甲酰化反应,取得了原始性的创新成果。其相关研究工作受到了国际学术界的高度重视,并获教育部1998年科技进步奖(甲类)二等奖,2000年10月获德国洪堡研究奖提名,为开发具有自主知识产权的烯烃氢甲酰化技术奠定了基础。项目组在国内外重要刊物上发表研究论文252篇,在国内外学术会议上宣读论文134篇。同时,在项目实施中还培养了博士后10人,博士29人,硕士39人,40岁以下学术带头人23人。

1.2 形成了一些新催化剂和工艺的新构思,对其技

术可行性和经济合理性进行了开拓性探索

设计和研制了长链 α -烯烃氢甲酰化高活性和高区域选择性的复合催化剂体系。目前正在设计600吨/年乙烯水溶性铑-膦配合物催化氢甲酰化中试装置;采用水热-重排改性法工业试生产钛硅分子筛粉,结合连续搅拌釜-分子筛膜过滤分离与循环的流程,在小试中,环己酮氨氧化选择性、过氧化氢利用率、催化剂转化率与运转周期等重要指标达到国际先进水平,中试装置正在试运转中。该项目在国内外申请专利73项,已授权国内外专利10项。

1.3 开发了具有自主知识产权的镍系非晶态合金催化剂及其相应工艺

这些工艺分别应用到巴陵石化和石家庄炼化有限公司两套己内酰胺装置上,使这两套引进的生产线基本上摆脱了对国外技术和催化剂的依赖,提高了原有设计生产水平和能力,产品质量有了大幅度提高,能耗与污染大幅度降低,实现了在消化引进技术基础上的再创新。非晶态合金催化剂的应用使这两个企业在2000年共增加经济效益六千多万元。现已建成100吨/年镍系非晶态合金的生产厂。镍系非晶态合金催化剂和己内酰胺加氢装置获得中石化2000年发明奖一等奖。

2 基本经验

2.1 坚持以国家重大战略需求为导向,确定联合资助项目

20世纪90年代以来,我国国民经济支柱产业石油化学工业面临着较好的发展机遇和严峻的挑战。国家对石油化工产品的需求不断增大,客观上要求石化工业要有一个大的发展,同时,随着中国入世的日益临近,可持续发展战略的实施,以石油化工

* 本文于2001年8月7日收到。

技术为核心的企业竞争愈演愈烈。我国石化产业的关键技术处在国外专利技术层层包围的困境。因此,建立具有自主知识产权的绿色化学新技术体系,跨越发达国家知识产权保护的壁垒,走出一条具有中国特色的可持续发展之路,是中国石油化工在激烈的国际竞争中取得胜利的必由之路。

瞄准国家目标,大力支持围绕制约国民经济社会发展中的重大关键问题开展研究,是国家自然科学基金一条十分重要的资助原则。20世纪90年代以来,中石化科技发展部与国家自然科学基金委员会化学科学部进行了多次的接触和协商,筹划基础研究如何服务于我国石油化工产业的发展战略,并在多次论证的基础上达成共识:要从可持续发展出发,围绕石油化工的关键催化技术,凝练关键科学问题,凝聚全国的优秀队伍,拓展和整合绿色化学的基础研究成果,寻求在基本知识上“量子跃迁”,在整体上推进和提高我国绿色化学的研究水平,同时为促进我国石油化工产业的跨越式发展做出贡献。在这种共识的基础上,国家自然科学基金委员会与中石化于1997年启动了联合资助的“环境友好”重大项目。

以需求牵引推动基础研究的发展是国际上基础研究管理工作中的一个重要模式,常常被称为“导向性基础研究”、“长远研究”或“战略研究”。对此,闵恩泽院士曾以 Mobil 公司的经验给予了形象的描述:“解决专利争端靠技术,解决技术争端靠基础”。“环境友好”重大项目的鲜明特点就是“战略需求牵引,科学前沿推动”,是导向基础研究理念在基金管理工作的灵活运用与生动体现。

2.2 统筹规划,周密安排,制定切实可行的目标

重大工程问题一般都是十分复杂的。解决其中制约技术发展的关键科学问题,不仅要明确基本的需求,而且要准确把握课题的整体研究方向与总体目标。“环境友好”项目取得显著成果的重要原因之一是明确了两个根本方向:一是新催化材料的导向性基础研究是技术创新、开发化工新工艺的源泉;二是催化化学与化学反应工程相结合是发展新工艺必由之路。前者体现了知识创新对解决国民经济关键技术问题的作用,后者则是当前石化企业技术创新的生长点。在这两个战略方向下部署的11个研究课题,彼此相互支持,从不同角度和层次逼近课题的总体目标。

基础理论是技术创新的先导。在基础研究方面,通过两个子课题的研究,总结出化学法制备负载

型高活性非晶态合金催化剂的经验规律,深入认识了非晶态合金催化剂组成、结构、表面电子态与催化性能之间相互关系的规律;对非晶态合金催化剂与载体的相互作用、抗硫机理和加氢反应活性中心的本质等均做了深入研究,为非晶态合金催化剂分子设计提供了坚实基础。

新催化材料是创造、发明新催化剂和新工艺的源泉。该项目选择了钛硅分子筛、晶格氧选择氧化复合氧化物、水溶性过渡金属均相络合有机物、代替氢氟酸或硫酸用于异丁烷-丁烯烷基化的新型液态酸和固体酸催化材料以及芳烃烷基化固体酸催化材料等领域开展了研究;并对催化材料的合成、表征和反应性能间的关联规律开展了导向性基础研究,用所得到的规律性知识来指导新催化剂的研究。

催化化学与化学反应工程的学科交叉是发展新工艺的必由之路。磁稳定床兼有流化床和固定床的优点,但在石化领域一直未工业化,关键是未找到适合其需要的反应体系及催化剂,为了充分发挥镍系非晶态合金的优越低温加氢活性,同时又利用其具有磁性的特点,于是结合开展了磁稳定床反应工程的研究。以镍系非晶态合金为催化剂的己内酰胺低温加氢精制为磁稳定床的应用提供了机遇,将开发成为具有我国自主知识产权的独特先进技术。

在应用方面,由于将冶金技术与催化学科交叉,采用急冷法制备的镍系非晶态合金的研究也处于国际领先水平,并注重解决当前化工生产中的关键技术问题。

2.3 通过联合资助实现大学、研究机构和企业有机结合,促进大学、研究机构与企业之间的互动,加快研究开发进程

重大工程问题的复杂性决定了其最终的解决往往需要多学科的合作。一个来自基础研究的创意真正转化为能够为企业带来效益的现实产品,必须要大学、研究机构、企业之间的密切合作与互动。这要求基础研究在重大工程问题中的组织运作方式与经费投入有别于一般的项目形式。联合资助正是解决这类问题的创新之举。

科学基金除了提供经费支持外,其重要作用在于充分利用科学基金在科学界中的崇高威望,通过科学民主的评审机制,凝聚国内在该领域的一流研究单位。参加本项目的中国科学院有关研究所、高等院校即有11个单位,共155人。科学基金依靠规范的管理办法,对研究项目进行监督管理,协调各课题组之间的工作,推动项目的组织实施。

石油化工科学研究院(以下简称石科院)发挥了承上启下的“桥梁”作用。石科院的科研人员由于长期工作在石化科研工作的第一线,对企业技术发展的瓶颈与深层次科学问题较为清楚。他们既是科学问题的提炼者,也是研究者;既是企业技术创新的引导者,也是实践者。这种特殊的角色决定了他们可以承接大学研究与企业转化的“桥梁”。

大学的优势是开展基础研究的理论探索与知识创新,为技术创新提供理论和知识储备。事实上,该项目研究所产生的高质量研究论文主要来自大学的贡献。同时,大学还发挥了人才培养的优势,为中石化培养和输送了一批高水平的硕士生与博士生。

在合作研究与开发新技术的过程中,企业技术人员由于熟悉生产操作和具有丰富的实践经验,对原有技术的缺点比较清楚,能对新技术的开发提出有益的建议;通过合作开发,企业了解到有关技术的国内外进展,使企业的技术人员得到锻炼。企业不仅提供试验场所,还可利用自身人、财、物的优势,为新技术研究开发提供了强有力的硬件支撑;由于中石化参与联合资助,使本项目总经费达到1 000万元。中石化还在石科院的有关课题中,建立小型试验装置等投入约500万元。对于一些企业急需的研究成果,在向生产力转化时,由中石化和所属企业投入的资金总计约为2 500万元。

基础研究采用这种联合资助的组织形式,大大调动了有关部门的人力、物力、财力,共同投入到国家重大基础研究项目中,并加速了成果向生产力的转化。这是一个值得推广的好模式。

2.4 以企业为创新基地,以市场需求为导向,以效益为目标,加快科研成果转化

导向性基础研究的最终归宿是企业。一项科研成果能否转化为现实生产力,最终还要取决于企业的接受程度。因此,以企业为创新基地,以市场需求为导向,以效益为目标,是科研成果得以转化的前提。“环境友好”项目的一个重要目标是开发绿色化学技术。但环保只是企业考虑的重要因素之一,当研究开发的技术为企业所急需,并能取得显著经济效益时,企业才有较大的积极性。在导向基础研究中,“产、学、研”相结合,不仅可以实现优势互补,互惠互利,更重要的是科研人员可以了解市场动向和企业对新技术的要求,不断调整研究思路,帮助企业技术创新,加快新技术的开发进程。这些认识是在项目实施过程中不断得以深化的。当初项目设计时,并没有将企业直接引入项目组。1998年底石科

院研制出的镍系非晶态合金加氢催化剂(SRNA4)在己内酰胺加氢精制装置(釜式反应工艺)上成功实现工业化应用之后,准备进行以镍系非晶态合金为催化剂的磁稳定床己内酰胺加氢精制实验研究,项目组准备开展中试工作时,遇到了原料供给、产品利用、场地设施等无法克服的困难。在这样的情况下,闵恩泽院士了解到鹰山石化近期准备将原有的7万吨/年己内酰胺装置,改造为10万吨/年,远期还计划扩建为20万吨/年。而磁稳定床己内酰胺加氢精制正符合这种节省投资、降低成本、提高质量、增加利润的需要,而且风险性小。闵恩泽院士积极与鹰山石化联系,合作开发该项技术,得到他们的大力支持,从而大大推进了中试的进度。

2.5 建立与应用基础研究相适应的知识产权保护体系

应用基础研究具有基础研究和应用研究的两种特性,其成果既有知识储备的特点,同时又与应用具有较密切的联系,常常表现为文章与专利两种形式。

“环境友好”是一项理论性和技术性很强的重大研究项目,在本课题研究伊始,就专门对其所形成的知识产权保护做出了详细的规定,以加强对新技术的保护。项目组确定了“专利申请优先,文章发表滞后”的原则,明确了专利技术 & 非专利技术的使用权、转让权等方面的各方权益。为了防止因知识产权保护而影响大项目中各课题之间的合作,项目组又专门制定了联合资助项目中有关资料交流、样品交换的保密规定,要求相关课题在共同遵守保密规定的前提下,定期组织学术进展交流会,及时交换样品,互通情报。为保护发现的优先权,项目组还规定必须将会议交流的情况以纪要的形式记录在案。由此既保护了知识产权,又促进了各课题组之间的联系、协作与共享,推动课题之间的良性互动。

2.6 建设强有力的领导集体

创新是复杂的社会劳动,创新群体的管理更是一项复杂的高级管理工作。一个重大科学问题的解决必然需要大量的跨学科知识,需要各类人才的通力合作,使创新群体形成强大的凝聚力。建立一个强有力的领导集体,是确保创新群体正常运转的关键因素。

“环境友好”项目,涉及11家研究单位,科研人员155人,其成果转化涉及4个企业。为保证项目的顺利实施,项目组在管理组织层面上有所突破,在项目学术领导小组之上,组建了由资助双方和项目主持人组成的管理领导小组,负责对项目的检查指

导和督促,在项目的实施过程中发挥了重要作用。吸收产业方人员参与科学基金项目的管理,既密切了双方的合作关系,也推动了基础研究成果产业化的进程。项目执行期间,管理领导小组成员多次到各研究单位实地了解研究进展情况和存在的问题,并及时提出解决意见。管理领导小组还以简报的形式,及时通报项目的进展情况和需要注意的问题,四年内共发简报 11 期,推动了项目的进展。中石化认为:“科学基金的管理工作是高效、切实可行的”。项目主持人闵恩泽院士高瞻远瞩的学术思想、精细的组织策划是该项目取得成功的至关重要的因素。

3 政策建议

3.1 要在国家创新体系建设的高度上重视联合资助工作,使联合资助成为科学基金新的增长点

迎接入世挑战与可持续发展是所有企业发展面临的共同主题,解决这一问题的根本出路是不断加大企业的研发力度。从基础研究入手,是打破技术制约瓶颈,形成自主知识产权,占领未来制高点的重要措施之一。目前,国家自然科学基金委员会日益增多的联合资助项目与类型表明,国有大中型企业从来没有象今天这样渴求知识,渴求合作。

建设国家创新体系,促进产学研合作,是我国“十五”期间科技体制改革的重要内容。在影响社会和经济发展的重大技术问题中的源头创新上结成战略研究联盟,推动企业成为技术进步与创新的主体,是国家创新体系建设的一项重要内容。因此,作为我国基础研究资助的主渠道之一,科学基金必须在国家创新体系建设的高度上,对联合资助工作给予高度重视,在制定政策和提供服务两方面,充分发挥科学基金的优势,积极促进大学、研究所与企业合作。

促进大学与企业的合作有两种模式,一种是 top-down 模式,一种是 bottom-up 模式。所谓“top-down 模式”是指资助机构先与企业(或出资方)确定经费投入规模、使用方向、战略目标,后公布指南,组织项目申请。我们目前开展的“联合资助”即属此类。其特征是国家直接帮助企业开展研发工作,在目前企业从事基础研究热情刚刚起步阶段,大学与企业的联合比较陌生的情况下,具有较好的示范带头作用。其不足是大学与企业的联合天然性和自发性较差。特别是从长远考虑,随着我国加入世贸组织,按照有关协议条款,政府帮助企业的做法将被视作“不正当竞争”。

所谓“bottom-up 模式”是由国家设立一种“合作研究”基金,对于大学与企业共同设计的研究项目,按照一定程序批准后,给予企业出资对等的匹配。这种目前国际上较为普遍的模式,其特点是政府搭台,大学与企业“自由恋爱”。为此,建议对我委各类“联合资助”项目统一进行调研,总结经验。在此基础上,进一步完善促进知识创新与技术创新有效结合的政策法规,并向国家有关部门建议,拨出专款,设立面向各类企业的专项合作研究基金,在完善和发展科学基金制方面做出新的探索和贡献。

3.2 建立与企业的协商对话机制,不断明确国家重大需求,以增强应用基础研究选题和成果储备的前瞻性与战略性

“环境友好”项目完成后,项目负责人闵恩泽先生结合工作实际指出:21 世纪化学工业的发展趋势是反应和产品绿色化、设备小型化和化工过程集成化。他认为,与国际上石油化工绿色化学主要发展趋势相比,本项目资助的范围“仅把一部分与工艺有关的化学反应工程研究列入了计划,从 21 世纪石化工业的发展来看,还应结合我国石化核心技术的开发,把一些有关的设备小型化和过程集成化的基础研究和开拓性探索项目列入今后的资助范围”。他建议,“中石化集团公司与国家自然科学基金委员会从联合资助面上和重点项目开始,逐步形成重大项目”。

重大项目,特别是联合资助的重大项目,一般目的性很强。在重视基础理论创新的同时,更强调对已有知识综合利用的创新。该项目取得较好的成绩的一个重要的原因,就是科学基金此前已对该重要领域给予了连续的支持,取得了一批基础性成果,培养和锻炼了一支队伍。本项目中的非晶态合金催化剂的研究、水溶性均相络合催化研究、温控相转移络合催化研究自 20 世纪 80 年代以来,都曾得到科学基金的持续资助,在国际上处于前列。由于启动时已有长期的积累,这些课题在学术和技术上取得的进展更为突出。

增强基础研究成果储备反映国家重大需求的准确性与有效性,必须要有明确了解,选准目标。为此建议建立与企业的协商对话机制,在国家自然科学基金委员会委员、学科评审组、同行评议人三个层次上积极吸纳产业部门和企业界的有识之士参与基金评审工作。同时通过科学论坛,营造科学家与企业家交流和碰撞的环境,不断抽提出具有前瞻性、战略性、基础性的研究领域和课题,通过项目指南,引导

科学家为国民经济和社会发展做出努力和贡献,逐步扭转应用基础研究单纯从文献中选题的倾向。

3.3 当前联合资助工作中迫切需要解决的若干问题

(1)及早制定有关知识产权的法规

影响“产学研”合作的一个重要问题是有关知识产权的利益分配机制,这也是国际上在产学研管理工作中遇到的一个普遍问题。目前我委有关政策法规在此方面几乎还是空白,应及早制定有关政策和法规,以进一步推动联合资助工作的健康发展。

(2)经费管理模式

在本项目实施过程中,中石化匹配的经费全部转入我委账号,由我委按照科学基金管理有关规定统一使用,避免了以往企业支持的科研经费需要提取大比例管理费的情况,提高了科研经费的使用效益。但按审计部门要求,来自企业的经费被视为是我委的“收入”,需要向国家上交一定比例的收入所得税,而这笔开支在联合资助经费中是没有出处的。如果企业匹配的经费直接划入科研单位,则往往按照横向课题进行管理而出现“一题两制”的情况,不利于科学基金项目经费的统一管理。这些问题需要

统筹解决。

(3)成果评估

联合资助项目一般都具有很强的应用性。而且应用基础研究的成果一般都与专利技术有着天然的联系。重视来自知识创新的专利成果是提高基础研究的功效,增强企业技术创新能力,增强综合国力的重要措施。“环境友好”项目始终把对专利的要求和保护放在重要的位置。课题组要求在未申请专利之前,不能发表文章。而专利的申请与批准一般都需要的一定的时间。因此,在项目的中期评估中文章数量不尽人意。因此,对于此类项目的评估检查和成果评价不能简单地等同于一般的基金项目,要突出联合资助的自身特色,要鼓励研究成果的专利化和技术化,并将此作为衡量项目成果的一条重要标准。

(4)合同制

“合同制”是国际上在管理产学研相关项目所采用的模式之一。由于联合资助项目涉及多方的责权利,采用“合同制”的方式是规范项目中各行为主体的有效方式,可从法规和制度建设层面上,保证联合资助项目的顺利实施。

A SUCCESSFUL MODEL OF PROMOTING THE LINK BETWEEN KNOWLEDGE-INNOVATION AND TECHNOLOGY-INNOVATION

Han Yu Meng Xianping Zhu Weitong Zhao Xuewen Zhu Dabao Liang Wenping

(National Natural Science Foundation of China, Beijing, 100085)