

·基金纵横·

美国国家科学基金会工程学部 资助现状与发展规划

王国彪 雷源忠 黎明

(国家自然科学基金委员会工程与材料科学部,北京 100085)

工程学部(ENG)是美国国家科学基金会中惟一专门致力于支持工程研究、创新和教育的学部,目前由5个学科、1个办公室和1个中心组成。2006年,ENG预算经费超过\$580.68M(“百万美元”,下同),比2005年增加\$19.38M,增幅3.5%。

长期以来,ENG的资助成果对巩固国家工程队伍,推动有助于改善未来生活质量的基础发现,支持有助于提高经济竞争力的技术创新等发挥了重要的作用。

1 现状透视

1.1 资助现状

每年有超过1.4万位科学家、工程师和教育工作者(包括学生)得到ENG各类项目的资助。其中,2004年,共资助了1753个项目,资助率为20%,低于NSF平均资助率(27%),平均资助金额为12万美元/项,项目执行周期平均为2.9年^[1];研究类项

目的资助率仅为15%,而1998年,此类项目的资助率为23%;接收申请项目中的56%是针对新增项目类型的,而在2000年,此类项目仅为42%。

1.2 经费投入

ENG是为工程基础研究提供联邦经费的主渠道。据美国科学促进会(AAAS)统计^[2],工程学科一直是美国联邦R&D经费投入排名第二的领域,仅次于生命科学。2005年,ENG占联邦政府资助高校工程学科基础研究经费的42%^[3],实际经费投入为\$561.30M,重点围绕NSF在2003—2008年战略规划中确定的四大战略目标^[4]进行资助。其中,人才(People)类投入占15%,创新思想(Ideas)类投入占78%,设施(Tools)类投入占6%,杰出管理(Organizational Excellence)类投入占1%。

1.3 研究方向与资助重点

ENG各学科目前的研究方向、重点资助的研究领域如表1所示^[5]。

表1 ENG各学科的研究重点与资助领域计划

学科名称	学科代号	研究重点领域	资助领域计划
生物工程与环境系统学科	BES	1) 基因工程,代谢工程,组织工程; 2) 生物医学光子学与传感技术,辅助性技术,医学技术创新; 3) 复杂环境系统,特别是关于地表和地下水的污染物迁移系统;新颖的水处理过程;工业生态学;污染去除技术。	(1) 生物化学工程与生物技术; (2) 生物医学和有益于残疾人群的研究;环境工程与技术。
化学与运输系统学科	CTS	1) 基于能量和物质的化学的、流体-热力学的和生物学的转换; 2) 纳尺度科学与工程,安全与保障,面向环境友好和节能的过程与产品,智能制造与加工过程。	(1) 化学反应过程; (2) 流体与颗粒过程; (3) 渗透、传输和分离过程; (4) 热力学系统。
土木与机械系统学科	CMS	1) 动力学与控制,力学与材料,纳/生物力学,土木与机械系统的传感技术,基于仿真的工程科学; 2) 降低由地震和其他自然灾害引起的风险,关键基础设施的保障; 3) 基础设施的构造与管理,地理技术,结构。	(1) 人工材料与力学; (2) 智能土木与机械系统; (3) 基础设施构造与灾害抑制。
设计与制造创新学科与工业创新办公室	DMI + OII	1) 设计、制造与工业工程方面的基础研究,以及与NSF工业创新计划相关的交叉研究; 2) 面向环境友好的制造和可持续发展的工业经济的基础研究,现代设计、制造与企业服务的过程。	(1) 工程决策系统; (2) 制造过程与系统装备; (3) 工业创新计划。

本文于2005年11月16日收到。

(续表)

学科名称	学科代号	研究重点领域	资助领域计划
电子与通信系统学科	ECS	1) 基于纳、微和宏尺度的零部件与器件技术、计算、网络、控制与系统原理; 2) 应用于传感、成像、电子通信、无线网络、灾害抑制、国土安全、电力系统、环境、运输、健康保障、制造等领域与相关系统的智能系统的集成与网络。	(1) 电子学、光子学及器件技术; (2) 控制、网络与智能计算; (3) 集成、混合与复杂系统; (4) 资源与基础设施。
工程教育与研究中心	EEC	1) 与工业界协作的集成研究、教育与项目; 2) 提升位于工业界与大学的研究者的协作精神; 3) 工程教育的创新研究,以及工程课程的改革与实践。	(1) 工程研究中心; (2) 企/校合作研究中心; (3) 工程教育计划; (4) 系一级的工程教育改革; (5) 创新合作计划。

2 发展规划

过去 15 年,ENG 的组织机构基本上没有发生变化。如今,新兴跨学科交叉研究领域(如纳米技术、网络技术、生物工程等),国家优先发展领域(国防、经济和国土安全),创新的全球竞争,要求 ENG 的组织机构必须适应这些变化的发展需求,以保持其在这些领域的领先地位。

通过调整学部的组织机构,有效适应国际形势的变化和工程领域的需求。新的组织机构必须实现如下功能要求:定位在工程研究、创新和教育的前沿;促进学科间的协作;优先领域的交叉、集成;研究与教育一体化;从发现到早期工程创新的连续资助;同其他部门结合,提高进化变革的可适应性;为探索潜在的、未被认知的新领域提供机会;从战略上分配人力与财力资源。

2.1 机构重组方案

ENG 机构重组的战略规划工作始于 2004 年,针对组成一个“杰出管理”部门的战略目标,各学科成立相应的工作小组,开展调研、论证与报告起草工作,并提出了一个基本框架。经 ENG 咨询委员会审

议后,通过 NSF 网站征求公众意见。根据公众的反馈意见,ENG 咨询委员会再次对机构重组“基本框架”进行审议,并将重组方案报送 NSF 人力资源管理部(HRM)、预算与财务行政部门和雇员联合会进行审议,最后由 NSF 副主任批准、执行。2007 年完成重组工作,新机构正式运作。机构重组方案如图 5 所示^[6],即

(1) BES 和 CTS 合并,形成化学、生物、环境与运输系统学科,简称 CBET。

(2) CMS 和 DMI 合并,形成土木、机械与制造创新学科,简称 CMMI。

(3) 将网络系统加入到 ECS,形成电子、通信、网络系统科学,简称 ECCS。

(4) SBIR/STTR 将从原“设计、制造与工业创新(DMII)”学科(DMI 的前身)中独立出来,组建 OII,并扩大到“合作伙伴”领域,升级为“工业创新与合作伙伴办公室”,简称 IIP。

(5) 保留 EEC,并将在学部各学科之间发挥更大的交叉作用。

(6) 新成立“研究与创新的新兴前沿(EFRI)交叉办公室”,直接归助理主任办公室(OAD)领导。

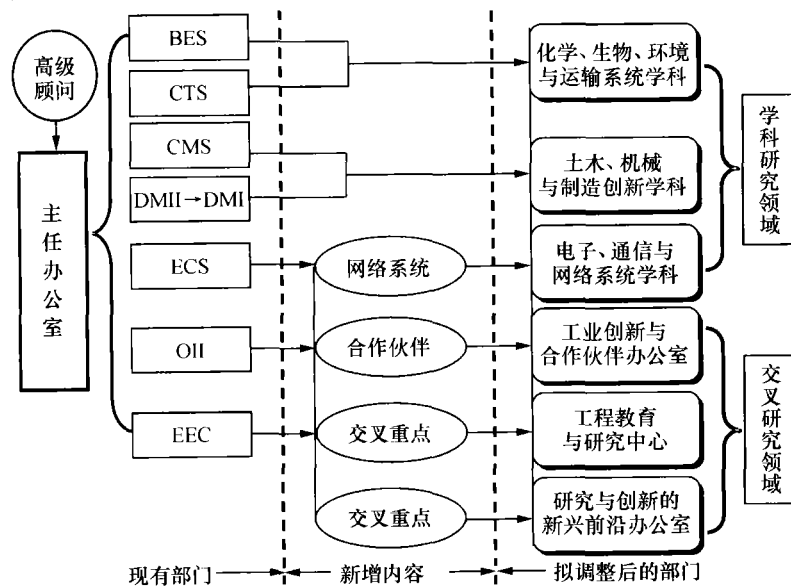


图 1 ENG 机构重组方案示意图

2.2 新学科的使命

(1) 化学、生物、环境与运输系统学科(CBET)

CTS目前资助的领域涉及化学反应过程、流体与颗粒过程、界面现象与分离以及热力系统中的核心学科的研究和教育。这些领域是保证基础工程知识库得以继续发展的根本。

BES目前资助的研究与教育领域已从尺度范围拓展了生物工程基础知识库,即从蛋白质、细胞到器官系统。它将工程原理应用到对生命系统的认识,为人类健康与社会福利发展新型和改进型装置、产品。同时,应用工程原理消除和纠正那些对土地、空气和水利用产生危害的现象。

合并后,这两个学科将形成一个共同的知识体系,从分子层面(如分子生物化学反应、分子级控制系统与网络、分子级生物材料设计与药物输送、污染物质的分子迁移)到一体化的复杂系统层面(如化学品生产设备、发电系统、系统生物工艺学、复杂环境系统),提高对基本现象的认识水平。

新的重组计划认同如下事实:化学的、生物的和运输的现象是众多工程过程(如环境的、工业的、运输的、分子的和细胞的)的基础;这些学科影响着不计其数的产品与服务(如人类健康与社会福利、所有运输模式、消费品、安全保障、能源生产与输送、住房、休闲与娱乐);这些学科的研究发现与贡献将提高人们的认识水平,并对社会产生深刻影响;随着工程研究与教育各学科间相互交叉领域的形成,这些学科的交叉边界和界面已经呈现。

学科共性领域的整合,也将反映工程教育、研究和创新的时代动向:遍及工程和社会各个方面的生物、化学和运输工程的需求与日俱增;全国范围内的许多院系已经从化学工程重新定位到生物-xxx工程;专业学会,如AIChE(美国化学工程师学会)和ASME(美国机械工程师学会),目前在这些学科中已开展了相应的活动。

合并后的学科包括化学、生物、环境和运输,强调学科间的相互合作。学科目前的研究计划,如水净化薄膜的研究、环境污染物燃烧构成、制药工业的有机分子结晶化等,将得到进一步加强。目前在ENG交叉-前沿优先领域中,包括下列协作议题:工程中的生物学-微生物燃料电池发电;纳米技术最新前沿-纳米/微米-生物制造过程中的化学输送;关键基础设施系统-检测生物和化学危害的新装置及传感系统;人工和自然系统的复杂性-预测环境与能源过程的统一原理的发展;制造前沿-生物工程制造的

创新。

(2) 土木、机械与制造创新学科(CMMI)

DMI同CMS合并是基于如下目的:联合与加强在力学、动力学、材料、数学和决策论中知识的核心基体;促进设计、系统、建筑和制造对国家所发挥的长期价值的工程领域地位;将ENG定位成复杂人工与自然系统、关键基础设施系统、制造前沿的学术领导者,并将在ENG其他两个优先领域中发挥关键作用;创造一个更灵活、敏捷和稳健的组织与财政机构,以面对前沿研究中出现的各种变化的挑战,为全体职员成长创造新的就业机会。

与产业界、政府和学术界合作,通过确定涉及研究与教育的关键议题,DMI目前资助的研究领域已拓展到设计、制造和工程服务的学术理论基础。

CMS则资助涉及土木与机械系统、基础设施建设与管理、地理技术,以及削减由地震和其他自然和科技灾害引起的风险中存在的结构、动力学与控制、力学、材料及传感技术领域中的基础理论与学术生长点。

学科合并后,将共享相关领域的研究成果,包括纳米技术、人工系统、生物-医学与健康系统、网络基础设施。新学科将在以下3个工程前沿领域起到学术领导者的作用:复杂人工与自然系统、关键基础设施系统、制造前沿。

新的合并计划认可如下事实:学术上,设计和制造在土木、机械和工业工程中发挥极其重要的作用,所以合并后存在合力优势;资助项目必须随研究群体、国家优先领域和教育需求的变化而改变;CMS与DMI已经有长期协作的历史,如早在20世纪80年代就共同拥有一个学科主任,共同参与几个联合计划的资助,如可升级的企业系统、生命周期工程、运输等;学科各自战略规划中的目标具有相似性,认同在核心项目中资源的重要性。

(3) 电子、通信与网络系统学科(ECCS)

在重组方案中,ECS将保持现有的研究重点,同时拓展到网络系统。ECS交叉研究领域的范围很广,要求在继续保持学科研究方向的同时,与ENG所有学科对等相互作用。ECS关注电子与通信工程中所有领域的基础研究,特别强调:基础元器件工艺;纳、微及宏观尺度下的计算、控制与联网原理;机器人技术、航空宇宙、无线电通信、信息网络、国土安全、灾难抑制、电力系统、环境、运输、健康与福利、制造业及相关领域的其他复杂系统的集成与联网。

ECS学科由关注以下3个领域的研究和教育议

题组成,即元器件工艺、计算技术和系统工程,包括电子学、光子学与器件工艺学;控制、网络与智能计算;一体化、混合复杂系统。

作为 NSF 优先领域的网络基础设施增加到 ECS 后,形成 ECCS 学科。通过其 3 个项目群,使得 ECS 具备支撑当前网络系统和网络工程所需的全部关键技术元素,即电子学、光子学与器件工艺学支撑包括下一代元器件在内的物理层基础研究;控制、网络与智能计算支撑硬/软件网络结构设计和分析;一体化、混合复杂系统支撑来自系统集成有关层面的研究挑战。

ECCS 将资助特定应用型问题的研究,如电力网、通信与信息网络,将重点开发网络基础设施交叉领域的使能技术。ENG 其他学科通过各自的学科项目也将重点资助特定应用型系统的研究。通过交叉学科的研究,可以发挥各自学科的研究优势。因此,ECCS 将在提高使能网络技术中发挥主要作用。

(4) 工业创新与合作伙伴办公室(IIP)

在 ENG 的机构重组报告中,OII 被升级为一个强调研究与创新的整体性、激励交叉部门合作的学科。此举将促使 ENG 的战略发展规划目标更加有效地资助对国家与社会需求具有潜在重大影响的工程创新领域。新学科定名为“工业创新与合作伙伴”,将通过与高校、产业界和地方政府机构的合作,强调旨在加快创新进程的研究活动全过程的创新。

学科关键激发因素是以创新进程为驱动目标的合作,通过不断的面向社会需要的知识创新,资助基础研究。创新进程的一端是来自学术界-具有创新思想的学术研究申请,另一端是来自小企业-面向市场的研究建议。

作为计划单元的基本条件,通过连续不断地吸纳非学术机构合作伙伴的参与,使这些研究计划组合成群,即形成“工程研究中心(ERC)-校企联盟的最佳时机(GOALI)-企/校合作研究中心(I/UCRC)-面向创新的合作伙伴(PFI)-STTR-SBIR”的组织模式。

这种组织模式将整合相应的计划,用来资助工程研究和创新,促进学术团体、工业界与州政府合作伙伴间的协作。学科将引导学部实现跨学部间的工程创新研究的投入,并与其他学科合作,通过知识创新过程与工业界和州政府合作,培育创新热点。同时,将使得 ENG 实现其“工程大众化意识”,即通过有效地投入,寻求合作伙伴,教育公众认识工程研究与教育的价值。

(5) 工程教育与研究中心(EEC)

EEC 具有如下 3 个特点,使其成为 ENG 一个独特的学科。第一,EEC 不服务于专门的学科或研究群体,而是资助多学科交叉的研究小组。这些研究小组从事学科交叉的前沿研究,重点针对存在于多学科交叉研究前沿的人工系统的发展。第二,当学部其他学科无意识地资助工学院及其学生成长时,EEC 则全方位、明确地承担起提升工程教育的责任。有多少年轻人从事工程,通过本科生和研究生学习得以发展,已成为 EEC 资助计划的主要职责。第三,由于与研究中心长期的合作历史,EEC 职员已经发展成为管理大型项目的专家。

在重组方案中,EEC 的角色将发生下列改变:I/UCRC 计划和创新合作伙伴计划,将移到新成立的 IIP 中去;EEC 与其他学科在中心、工程教育方面的交叉计划,将通过工作组结构进行加强;进一步加强 EEC 项目主任同其他学科项目主任的联系,确保 ERC 研究与各学科研究更加紧密地成为整体。

I/UCRC 和 PFI 纳入 IPP 的举措是基于如下事实,即这两个计划都与工业界有更紧密的联系,更为广泛的合作伙伴,且都与 IPP 的预想方向相一致。采用工作小组结构,使得 EEC 规划有更为广泛的渠道来源,防止在这两个重要交叉领域有任何疏忽。另一方面,允许其他学科对正在实施的这两个计划有更为清楚的认识,从而使得其项目官员在其管辖的特定领域中,更为有效地体现 ENG 整体研究思想。第三,允许 EEC 项目主任与其他学科建立起更密切的联系。

在重组后的机构中,将有 5 个学科直接向 OAD 负责。EEC 在向 OAD 直接负责的同时,重点扮演同其他 4 个学科相交叉的角色。

(6) 研究与创新的新兴前沿办公室(EFRI)

为了更好地关注工程研究、教育和创新中涌现的新领域,新成立 EFRI,直接归 OAD 领导。通过确定、优选研究与教育中浮现的这些新兴领域,并加以资助。EFRI 在帮助 ENG 遴选重点的新兴领域中将发挥重要的作用。EFRI 办公室设 1 名主任和由主任领导的由助理副主任和 5 位外部成员(3 名来自专家咨询委员会,2 名来自工程界)组成的 1 个工作小组。新兴的前沿领域的资源分配计划将由 EFRI 制定,并提交到工程领导小组(ELT)进行进一步讨论,最后由 ELT 推荐给助理主任。

2.3 交叉工作组的作用

当代重大的工程科学问题往往很难归为单一的

学科,多数是交叉性的,解决这样的问题需要多学科协同、交叉的能体现着科学的总体水平。

在这种形势下,ENG设立学部层面的多个工作组,处理交叉研究与教育问题。这些工作组在许多重大议题上,将专业人员的智慧汇聚在一起,引导学部的决策,发挥着重要的作用。工作组促进了各学科间的学术交流,为员工处理复杂问题和领导学部层面的重大项目提供了拓展才干的良机。重组方案中,工作组的作用被加强,将设立7个交叉工作组(即工程教育,工程研究中心,研究与创新前沿,网络基础设施,纳米技术,关键基础设施,复杂人工系统),并向ELT报告。其中,网络基础设施、纳米技术和复杂人工系统工作组将强调学部前沿研究目标,教育与工程研究中心工作组将促进研究与教育一体化。

3 优先研究领域

ENG的优先研究领域必须符合如下条件:为广泛拓展工程研究的前沿提供了机会;强调其社会价值,如经济、环境、安全与保障、健康和能源;位于ENG具有领先优势的领域;具有广泛的合作伙伴。其优先研究领域包括^[7]:

(1) 工程中的生物学。研究目标是基于机电工程中的力学、电子/物理学原理,和化学工程中的化学原理,探索生物学中的工程原理,使来自所有学科的工程师有机会综合和探求各自学科中的生物学,形成“基于工程系统的生物学”。研究成果将在健康保健、国土安全、生活质量等其他领域具有巨大的潜在应用价值。研究方向:基因治疗、神经移植、纳米生物电子学、微生物工程、能源和环境。

(2) 纳米技术新前沿。长期研究目标包括理解和应用纳米尺度的制造和NNI(国家纳米技术创新工程)其他重大研究计划中发现的最新原理和现象构造其基础研究的基本原理;确保美国的研究机构将来有权使用全部纳米设备;确保接触纳米技术的教育,并促进基于3D纳米结构的新型商业市场的诞生。这将为工程领域创造新工具、纳系统设计和纳制造的机遇与挑战。需要继续资助的新方向,如纳/纳生物制造、纳电子学。

(3) 关键基础设施系统。国家基础设施是维系美国民众生存、发展、健康与安全保障的最基本的网络、设备和系统的构架,包括物质的、能量的和网络系统的诸多影响因素。当这些因素一起运转时,就形成了相互关联的和高度复杂的过程和网络。必须

开展将建模、仿真与分析等一体化技术应用到基础设施与资产保护规划和决策支持等活动研究,以及需要开发新装置和传感系统探测来自生物和化学的危害。需要投入额外的经费将下一代计算机、通信、数据库和传感器技术带给国内的研究人员和学生,使他们能够广泛共享网络基础设施。

(4) 人工和自然系统中的复杂性。人工和自然的系统复杂性的示例包括生态系统、全球网络、新陈代谢的路径、经济市场、HIV感染传播、电力网络。在这些系统当中,子系统的解析无需说明整个系统的特性。复杂系统能够呈现出自我发生的行为,在无中央组织原则的情况下具有自组织特性,即在时间节点上,呈现智能机会。从许多不同的调查领域与复杂系统相关的思想和自然与人工系统的系统工程具有收敛性。探寻复杂系统的共同原理,统一其理论和方法,并进行分析与综合。对复杂系统基本原理的认识,对预测特定系统的行为,进行其工程设计和建造快速响应的稳健系统具有深远意义。

(5) 制造前沿。集成制造-为社会创造价值的、将材料和知识转换为产品的创新系统和过程-仍然是GDP贡献中最大之一。这是一个发现、认识和创新能够有效转换为未来制造企业的领域。研究方向包括:新材料与废物利用,纳/纳-生物制造,生物工程的发现与制造创新的汇聚。

4 结束语

透析NSFENG资助现状与发展战略,从中可以得到如下3点启示:第一,交叉工作组的设立,有效地组织、协调与处理涉及重大工程领域的多学科交叉问题;第二,广泛的合作,建立与工业界、各级政府及专业社团的长期合作伙伴关系;第三,重视工程教育,教育与引导公众重视工程科学,为未来培养工程人才。

战略规划是基于对国家目标和自身目标的正确认识与界定的基础上实施的,所选择的优先领域充分体现了重大基础研究和高技术研究必须服务于国家长远利益的战略意图,同时也体现了科学前沿发展目标与国家发展目标之间互为联系、相辅相成的辩证关系。

参 考 文 献

- [1] Warren R, DeVries, Kesh Narayanan. What Does the Future Look Like for NSF. Engineering and DMII? Presentation at the 2005 Design, Service, and Manufacturing Grantees and Research Conference, Scottsdale, AZ, January 3-6, 2005.

- [2] AAAS analysis of R&D in the omnibus bill and other final FY 2005 appropriations bills. <http://www.aaas.org/spp/rd/ap-prop05.htm>.
- [3] American Association for the Advancement of Science. Congressional Action on Research & Development in the FY 2005 Budget. <http://www.aaas.org/spp/rd/ca05main.htm>.
- [4] National Science Foundation Strategic Plan, FY2003—2008. September 30, 2003. <http://www.cra.org/Activities/workshops/broadening.participation/nsf/FY2003—2008.plan.pdf>.
- [5] Reischman M. Engineering at the National Science Foundation. April 28, 2005. <http://www.engr.psu.edu/ogsro/PDF%20Files/Reischman-NSF-Presentation.pdf>.
- [6] Conceptual Framework for Reorganization-Overview and Rational (Version 2.3). National Science Foundation, Directorate for Engineering. June 2, 2005. <http://www.nsf.gov/attachments/104206/public/MasterReorg.doc>
- [7] Directorate for Engineering Strategic Planning Overview Strategic Directions for Engineering Research, Innovation, and Education. June 6, 2005. <http://www.nsf.gov/attachments/104206/public/Strategic.doc>.

INTRODUCTIVE ANALYSES OF THE CURRENT FUNDING SITUATION AND STRATEGIC PLANNING OF NSF'S DIRECTORATE FOR ENGINEERING

Wang Guobiao Lei Yuanzhong Li Ming

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

Abstract Based on an introduction to Directorate for Engineering (ENG), National Science Foundation (NSF), this paper analyses the current funding situation and the Strategic Planning Overview-Strategic Directions for Engineering Research, Innovation, and Education. The priority research areas in both NSF and ENG are also presented in this paper. Working groups for interdisciplinary, widen collaboration and emphasis on engineering education are good models for our references.

Key words directorate for engineering, current funding situation, strategic planning

·资料·信息·

重点项目“中国区域发展地学基础的综合研究” 圆满完成并产生重要影响

由中国科学院地理科学与资源研究所陆大道院士负责的重点项目“中国区域发展地学基础的综合研究”历时3年,对我国区域发展要素进行了综合集成研究。从人地关系的角度,阐明了地学要素与区域发展之间的耦合关系,系统总结了我国区域发展的理论和研究方法,发展了区域综合集成研究的方法。

项目在对我我国区域发展的理论与方法进行系统总结的基础上,以人地关系作用机理为基础尝试了多种进行区域综合研究的集成方法,如综合功能区划方法、陆地表层综合地域系统研究方法、刻画自然本底对区域发展格局影响的系统方法、区域间溢出的分析方法等。其中,以该项目的综合集成方法为科学基础进行的全国综合功能区划,在国家发改委

产生了重要影响,已经成为国家进行空间管治的重要手段之一,其思想和方法在国家“十一五”规划编制中得到了具体体现。陆地表层综合地域系统研究方法,强调从自然和人文要素的综合角度认识地域系统。在人类活动成为全球环境变化主导因素的趋势下,该方法将为科学认识地表格局演变和研究区域可持续发展在方法论上提供一个重要方向。此外,项目还提出了“边际贡献率”的概念和方法,尝试系统地刻画自然格局对我国区域发展空间差异的影响。作为标志性成果,《中国区域发展的理论与实践》一书已被学术界广泛认可。

(地球科学部 宋长青 供稿)