

**编者按** 为反映我院承担国家重大项目的能力,本刊从 2005 年开始,对本年度立项的“国家重点基础研究发展计划”(973 计划)中以我院为首席科学家的项目进行系统介绍。2005 年科技部批准了 54 个项目立项,其中有 39 个项目为 2005 年启动,15 个项目为 2006 年启动(2006 年科技部还将组织新的项目评审和启动)。2005 年启动的 39 个项目中,我院主持 10 项,联合主持 2 项(1 项为第一主持单位,1 项为第二主持单位),共约占批准项目总数的 30%。下面介绍我院作为第一主持单位的项目。

## 2005 年度我院承担的 “国家重点基础研究发展计划” 项目介绍

(北京 100864)

**关键词** 中国科学院,国家重点基础研究发展计划

### 水稻重要农艺性状的功能基因组和分子基础研究

首席科学家:薛勇彪

主持单位:遗传与发育生物学研究所

水稻是重要的粮食作物,也是重要的战略性储备物资,占我国粮食总产的一半以上。保障水稻生产对确保我国粮食安全和农业可持续发展有十分重要的战略意义。近年来我国水稻生产出现连续多年徘徊不前甚至下降的严重局面。另外,人口的增加对稻谷的综合需求也在增加,据推算,未来 30 年我国稻谷需求要净增 5 000 万吨。因此,提高水稻产量是关系社会经济发展的全局性问题。随着分子生物学和功能基因组研究的不断进展,植物的株型、育性、花器官、淀粉代谢和耐逆性等的遗传控制研究将有可能取得突破性的进展。因此,克隆控制这些重要性状的基因,阐明它们的功能和作用机制,就能在分子水平上对水稻重要农艺性状进行有效的操控,解决水稻育种的实际问题,挖掘水稻的增产潜力,满足我国农业生产和粮食安全的重大战略需求。

该项目将在前一期“973”项目取得成果的基础上,结合国内外水稻基因组研究的新进展,进一步凝练科学目标,以我国水稻生产中的重大需求为导向,以功能基因组研究为主要手段,重点开展水稻株型和稻米品质等重要农艺性状的分子基础的研究。主要包括:株型发育的基因调控、育性的分子控制、胚乳发育和种子形成、淀粉代谢的功能基因组、重要农艺性状的比较基因组、光温胁迫的功能基因组和重要农艺性状的分子改良。项目的总体目标:通过项目的实施,保持和提升我国在水稻基因组研究的国际地位和竞争力,加强我国农业科技自主创新能力,培养和造就一批高水平的植物生命科学研究人才,建立我国水稻分子改良的理论和技術体系,指导水稻品种的分子改良。

\* 收稿日期:2005 年 11 月 5 日

## 我国农田生态系统重要过程与调控对策研究

首席科学家:张佳宝

主持单位:南京土壤研究所

农田生态系统是保障我国粮食安全和农产品供应的重要基石,也是我国绝大多数农民赖以生存的物质基础。在资源、环境、人口等多重压力之下,提高我国农田生态系统的持续生产能力,对于国家粮食安全建设具有重大的战略意义。该项目以中科院生态系统研究网络及中国农科院长期试验网络为依托,通过定点和水热梯度带联网的方式,开展我国主要农田生态系统关键生态过程及其与生产力、资源环境效应关系方面的基础研究工作,以解决现代高投入、高产出的农田生态系统生产力稳定性、生态环境安全性和资源可持续利用性等重大理论与科学问题,建立高产、资源高效、环境友好的多目标协调发展的农田生态系统调控理论,为国家粮食安全和生态环境安全建设提供重要理论支撑。围绕上述目标,该项目提出了六方面的主要研究内容:(1)重要生命元素循环过程、相互作用及养分高效利用机制;(2)水循环与作物-水分耦合作用机制及水分高效利用;(3)主要污染物的转化、传递和积累过程及作物产地环境安全;(4)保持系统持续稳定的关键土壤生态学过程与主要控制因子;(5)主要作物产量形成的生理生态学机制与水土肥供需协调原理;(6)我国主要农田生态系统生产力、资源利用率和环境质量协同提高的调控机理与对策。最终通过挖掘养分-水分-作物生长的耦合效应,探索降低养分水分在循环过程中无效损失的途径,提高水分养分的利用效率,改善环境质量;通过有效利用土壤生物的调控能力,促进土壤物质转化、有机碳氮协同提高以及土壤-作物关系的协调,不断增强土壤生态系统的稳定性和持续生产能力;通过充分发挥作物的生产潜力,促进产量和光温水肥资源利用效率的共同提高;通过解析影响农田生态系统生产力持续稳定的关键过程与机制、主要控制因子及其在时空尺度上的变化规律,建立不同尺度农田生态系统调控理论与对策。

## 天然气及合成气高效催化转化的基础研究

首席科学家:包信和

主持单位:大连化学物理研究所

我国是天然气和煤层甲烷(煤层气)资源相对丰富的国家。据调查,我国天然气资源量为47万亿立方米(折合原油当量约470亿吨),煤层气资源量亦与此相当。截至2002年底,已探明的可开采天然气和煤气储量为3.37万亿立方米;同时,在国家有关充分利用国际资源的宏观战略指导下,近年来我国石油公司先后在北非、南美和中亚以及周边国家获得了相当数量的天然气份额。在当今国际能源形势急剧动荡的情况下,进一步高效利用这些气态碳资源具有重要的战略意义。

天然气和合成气高效转化技术创新的核心是催化。迄今为止,催化科学的发展已经能较为有效地进行从大分子(如原油等)到小分的“选择剪裁”。然而,对天然气和合成气的主要组份甲烷和一氧化碳等小分子的“定向装配”在科学和技术上仍是一大难题,并将成为本世纪化学领域面临的一个巨大挑战。项目的总体目标是:通过以催化为核心的科学和技术的创新,将天然气和合成气高效地就地转化为高值和便于运输的高品质液体燃料和化学品,并努力将成果拓展到煤转化的相关过程。预计5年内在天然气绝热过程制廉价合成气、基于膜分离的大规模制氢集成技术、合成气制乙醇和低碳混合醇过程和高温燃料电池的关键技术以及甲烷无氧芳构化与氧化偶联耦合过程等方面取得国际领先成果,并形成自主知识产权;在甲烷的碳氢键活化理论、

费托合成的产物调控机理和催化反应的原位、动态表征方法等方面获得突破,并得到国际同行的认可;在相关领域形成在国际上有重要影响的研究团队和公认的科学家。

## 高性能科学计算研究

首席科学家:陈志明

主持单位:数学与系统科学研究院

科学计算是伴随着电子计算机的出现而迅速发展并获得广泛应用的新兴交叉学科,是数学及计算机应用于高科技领域的必不可少的纽带和工具。高性能计算机的研制水平和实际应用水平是显示国家高性能计算能力的两个方面。在国民经济和国家安全的尖端科技领域,充分发挥我国高性能计算机的使用效率是我国科技发展面临的一个亟待解决的重大问题。

当前科学计算研究面临两个重大问题:其一,科学计算所需要解决的问题越来越复杂,越来越接近实际模型,越来越细致,迫切需要新的高性能计算方法;其二,现有的大规模并行计算程序效率低下,通常在浮点峰值性能的 6% 以下,且研制周期长,关键的并行实现技术亟待突破。项目所要解决的关键科学问题在于创造能够发挥高性能计算机巨大效率的计算方法及其实现技术,解决国家在环境、材料、信息技术和国防建设等战略需求的重大科学计算问题,提高我国高性能计算机的实际应用水平。总体目标包括两个方面。在科学计算的共性问题研究方面,项目将在基于后验误差估计的并行自适应有限元方法和复杂流动问题的并行自适应移动网格方法研究中形成既有算法理论、又有程序实现、且有具体应用的完整的创新体系。在应用目标研究方面,项目将完成千万自由度的完整气候模式的研制;进行千万自由度三维多介质大变形高温高压流体力学数值模拟;建立能够处理几百上千个原子的实空间第一原理计算方法,以该计算方法为基础,在原子和纳米尺度上通过结构设计实现量子调控;建立非周期(随机)结构的、适用于材料服役行为分析的、从纳米、介观到宏观多个尺度的多物理多尺度耦合模型和计算方法。

## 青藏高原环境变化及其对全球变化的响应与适应对策

首席科学家:姚檀栋

主持单位:青藏高原研究所

青藏高原隆起到现代的地貌格局以来已发生的和正在发生的环境变化,不但改变了欧亚大陆气候格局并影响着大气环流变化,同时也对青藏高原和周边地区产生了重要影响,制约着当地和周边地区的社会经济发展。因此,青藏高原环境变化研究不仅具有重要的科学意义,也具有现实意义。20 世纪 70 年代以来,中国在青藏高原环境变化研究方面取得了重要进展,近年来已走向国际前列。但青藏高原环境变化研究正面临新的挑战 and 机遇:首先,全球变化背景下青藏高原环境正在发生重大变化,冰冻圈和水资源以及生态系统等方面的变化尤为突出,这些变化对高原及周边地区人类生存环境产生了重大影响。其次,青藏高原作为国际研究的热点地区,其重大科学问题总是和国际前沿问题联系在一起。目前和青藏高原环境变化研究相关的三个新的科学动向是:选择关键地区进行关键科学问题的系统研究;以现代地表过程为基础进行监测和机制研究;进行全球变化影响下的圈层相互作用研究。

该项目拟设置 6 个课题:青藏高原现代地貌与环境格局的形成过程;青藏高原过去环境变化的时空特征;青藏高原冰冻圈变化与能量水分循环过程;青藏高原环境变化机制;青藏高原生态系统对环境变化的响应;青藏高原环境变化影响的适应对策研究。目标是:攀登世界科学高峰,在青藏高原环境变化与地表过程对全球变化的响应研究方面做出国际一流水平成果,进一

步强化中国青藏高原研究在国际上的优势地位;促成国家青藏高原监测研究平台和相应的数据库的建立,为西部大开发做出贡献;提出现代全球变化背景下青藏高原环境、生态系统、水资源变化对当地和周边地区人类生存环境影响的适应对策,为社会可持续发展服务;凝聚和建设一支既能在分支学科深入和多学科交叉国际前沿进行拼搏、又能为青藏高原社会经济发展科学决策服务的科研团队,同时培养高水平新生力量。

## 肿瘤和神经系统疾病的表观遗传机制

首席科学家:裴钢

主持单位:上海生命科学研究院

肿瘤和神经退行性等重大疾病已成为威胁我国国民健康、影响经济发展的严重问题。表观遗传网络作为整合细胞内外环境因素与基因组遗传信息的媒介,直接调控基因表达,决定细胞分化与功能特化,在正常的生命活动中起到不可或缺的作用。表观遗传失调在肿瘤和神经退行性等重大疾病的发生、发展过程中所起的关键作用正愈来愈受到关注。加强表观遗传学的基础研究,阐明表观遗传调控紊乱在肿瘤和神经退行性疾病发生、发展中的作用,对实现我国在人口和健康领域的国家目标有极为重要的战略意义。

该项目将探索和回答:细胞内 DNA 甲基化和染色质修饰的表观遗传谱式的建立及其动态平衡的维持机制;表观遗传信息对基因的选择性表达和对生命活动的调控机制;表观遗传失调在肿瘤和神经退行性疾病发生、发展中的作用机制。

该项目将采用模拟正常生理状态的细胞、动物模型,研究细胞建立和维持表观遗传谱式的机制;从基础和病理两个方面研究 DNA 甲基化导致基因失活的机理、与肿瘤发生的关系及其临床意义,探讨肿瘤细胞染色质重塑与“组蛋白密码”变化的特点及其与基因表达和肿瘤发生发展的关系;利用已有的老年痴呆症和精神活性药物影响学习记忆等细胞和动物模型,研究神经细胞生长、分化、再生及神经系统疾病发生、发展中重要功能基因 DNA 甲基化、组蛋白修饰及染色质重塑的调控机制;以表观基因组平台技术为手段,规模化系统鉴定发生表观遗传调控异常的疾病相关基因,并进一步确定这些基因在药物筛选与诊断治疗方面的意义。

## 纳米器件和纳米材料应用

首席科学家:解思深

主持单位:物理研究所

根据纳米材料科学发展的最新态势,依据 IT 产业、新型制造业和生物、医药、健康领域对纳米材料提出的新的需求,在前一期“973”项目研究的基础上,项目的研究部署上有三个转折。一是在制备科学上由随机生长向可控生长转移;二是由随机新现象的探索向深层次的规律的探索转移,做到性能可控;三是研究重心由以制备和合成为主向纳米结构与性能关系的研究转移。

项目的目标是:发展出若干种具有实用价值的纳米材料与纳米结构;发展出与 IT 工艺相容的纳米材料的可控制合成与集成技术,为纳米材料的性能研究和纳米器件应用提供基础。以发现材料的优异特性和潜在应用为导向,阐明纳米材料的微观结构与本征性能之间的关系,实现功能设计和调控;发展出基于纳米材料优异特性的新器件和高强、高导热、高导电等纳米材料和纳米结构。拟解决的关键科学问题是:纳米材料和纳米结构的可控生长动力学和受限体系热力学;纳米材料的结构-性能关系、物质和能量传输的新规律及其演化;纳米材料和纳米结构优异性质的稳定性和应用。项目的主要研究内容和课题设置是:(1)纳米材料新体系、合成方法探索



及可控生长动力学和热力学研究; (2) 纳米异质结构及阵列的设计合成和性能调控; (3) 一维纳米材料的结构、性能和尺度效应; (4) 纳米材料与纳米结构优异性能的研究和应用; (5) 金属材料结构纳米化动力学过程及纳米金属体材料的力学、电学等综合性能研究; (6) 纳米复合材料中的磁输运性质; (7) 纳米新能源材料能量转化的新规律。

### 原子频标物理与技术基础

首席科学家: 高克林

主持单位: 武汉物理与数学研究所

原子频标(原子频率标准的简称)是多学科的交叉点,它涉及到原子分子物理、固体物理、电子物理、激光技术、微波技术、电子技术、真空技术、计算机技术、材料、光学、化学等学科,原子频标研究对精密和准确的不断追求,是推动物理科学发展的动力。原子频标已广泛应用于国民经济各个领域,如全球定位系统(GPS)、导弹、卫星的发射以及信息高速公路(通讯、网络)和城市交通管理方面。原子频标的发展关系到国家计量标准、国家信息和国防建设等重大国家需求。它是一个国家核心竞争力的重要体现。决定原子频标的准确度和稳定度的因素主要是有谱线的宽度和稳定性、伺服系统的信噪比和外界环境的影响。而影响原子谱线精确度的根源,在于环境对原子能级的干扰以及与原子分子运动有关的各种效应,而稳定度取决于这些因素随时间的变化关系。与环境隔离(离子阱)或将原子冷却(冷原子)就是主要的手段。而随着频率稳定度提高,在更高阶水平上一些更细微和新的影响因素将显露出来,如多体碰撞效应、Dick 效应、量子噪声、相对论效应等。该项目将以解决原子频标领域中一些迫切需要解决的基础物理和技术为目的,重点研究新型冷原子和冷离子频标,同时开展新原理在原子频标中的应用的探索研究。通过该项目的实施,在原子频标的基础前沿开展研究,在新原理原子频标的方案研究和技术实现方面有所创新和突破;改进国家独立的时频标准系统的性能,提高实用频标的性能以满足国家需求。在未来的原子频标研究中拥有自己的知识产权,在冷原子频标研究方面取得若干原创性的结果。培养和建立起一支高水平的科研队伍,为我国建立处于世界前列的原子频标打好理论和技术基础,并以此推动我国精密谱测量研究。

### 捆绑和不变性知觉的脑认知功能成像

首席科学家: 陈霖

主持单位: 生物物理研究所

该项目创新亮点是:挑战半个世纪以来占统治地位的“从局部到整体”的理论路线,解决知觉研究的七大难题之一——特征捆绑问题,创立“大范围首先”(global-first)的不变性知觉的原创性系统理论。另一创新亮点是,从心理行为、脑认知功能成像、细胞电生理、直至分子遗传学的,多认知层次、大跨度学科研究。要解决的关键科学问题是:从不变性知觉的角度对知觉组织特别是初期整体知觉以科学统一的描述,包括:(1)建立科学系统描述各个认知层次的“大范围 and 局部”关系的理论框架;(2)发现大范围不变性知觉“首先”的各个认知层次的实验(特别是脑认知成像)证据。

围绕解决“特征捆绑问题”,创立“大范围首先”的不变性知觉理论的总目标,该项目研究内容和目标概括为“P3”计划:P1. 形成一个共同的研究计划(Project):集中研究当代认知科学的前沿难题——“特征捆绑问题”。P2. 建设一个共同的实验环境平台(Platform),以功能磁共振成像为核心的认知科学实验环境。P3. 创立一个新的原则(Principle)或新的学说,“大范围

首先”学说。围绕“P3”计划,设立5个课题组,分别研究:视知觉组织及其它相关认知层次、中文阅读障碍的视觉和选择性注意失调、灵长类动物的不变性知觉、视觉不变性的脑结构基础与相关基因,以及功能磁共振成像为核心的认知科学实验环境建设。

### 动物源性病毒跨种间感染与传播机制研究

首席科学家:高福

主持单位:微生物研究所

该项目将通过国计民生有重大影响、已发生或虽未发生但已构成严重威胁的重大传染病如高致病性禽流感、虫媒病毒病等为研究对象,利用生物信息学、分子免疫学、分子流行病学、分子病毒学以及蛋白质组学技术等现代生命组学的技术,主要在病毒基因组遗传与变异规律、病毒与宿主细胞受体的作用机制、病毒功能蛋白与宿主细胞内蛋白相互作用机理、虫媒病毒传播与致病的分子基础、自然贮存宿主(如蝙蝠)与病毒传播以及人畜(动物)共患病和建立动物模型等方面开展研究。

该项目将解决动物源性人类新发病原的致病机制、动物源性人类新发病原的分子变异和进化规律、动物源性人类新发传染病跨种间传播的分子基础以及动物源性病毒的自然生态与传染病发生的关系等关键科学问题,确定病毒功能蛋白基因的遗传变异与致病性、宿主范围、分子生态进化等关系,揭示动物源性病毒病的分子发生机理,在病毒演化规律、种间屏障突破机制、病毒与细胞受体关系和宿主细胞内蛋白的分子作用机制方面取得创新性成果,推动我国在该领域的研究达到国际先进水平,为研发动物源性新发人类传染病的科学控制技术提供理论根据。

### 延长摩尔定律的微处理芯片原理、新结构与新方法研究

首席科学家:李国杰

主持单位:计算技术研究所

我国的国家安全保障和信息产业发展都需要自主知识产权的高性能CPU芯片,而面对未来15年摩尔定律进一步延续带来的巨大技术挑战,刚刚起步的国产高性能CPU芯片研发和产业化工作迫切需要强有力的前瞻性基础研究支撑,以逐步形成可持续发展的科研与产业良性循环,并尽快进入国际领先行列。未来集成电路技术发展和新应用模式出现给设计高效能、高可靠、低能耗、低成本的处理芯片带来了严峻挑战,为了有效利用晶体管资源为应用服务,需要研究信息处理的新原理以解决如下关键科学问题:(1)信息处理效率和信息处理系统的复杂度之间有什么样的关系?(2)信息处理过程需要消耗的能量和信息处理效率之间有什么样的关系?(3)在数十亿个元件组成的芯片上如何构造稳定可靠、性能可预测的系统?

针对上述科学问题,该项目拟重点研究五个方面的内容:(1)可扩展、可重构片上并行体系结构;(2)片上并行系统的编程模型与支撑环境;(3)低功耗体系结构、电路设计与功耗管理;(4)高性能处理芯片的高可靠性设计;(5)高效率的处理芯片设计、验证与测试。该项目还将通过设计一个基于45纳米左右工艺的万亿次级处理芯片原型,综合集成、检验并展示相关的研究成果。

该项目通过研究适应摩尔定律进一步延续和新的应用模式不断发展的需求的处理芯片新原理、新结构和新的设计方法,可以为5—10年以后我国研制达到当时国际先进水平的通用处理芯片奠定技术基础并培养高水平人才,为国产处理芯片研制和应用的可持续发展提供强大的后劲,并对未来信息技术的发展产生巨大的推动作用。