

# 基础研究

## 第一节 基础研究发展概况

- 一、经费投入情况
- 二、国际科学论文发表情况

## 第二节 基础学科和新兴交叉学科

- 一、数学
- 二、物理学
- 三、化学
- 四、地球科学
- 五、生物科学

## 第三节 面向国家需求的关键科学问题

- 一、农业科学
- 二、能源科学
- 三、信息科学
- 四、资源环境科学
- 五、生命科学

- 六、材料科学
- 七、综合交叉科学

## 第四节 重大科学研究计划

- 一、蛋白质研究
- 二、量子调控研究
- 三、纳米研究
- 四、发育与生殖研究
- 五、干细胞研究
- 六、全球变化研究

## 第五节 科技基础性工作

- 一、部署情况
- 二、代表性进展

## 第六节 核聚变研究

- 一、部署情况
- 二、代表性进展

2010年,围绕创新型国家建设和国家重大战略需求,中国继续加强基础研究的宏观管理,以提升原始创新能力为核心,积极推进国家自然科学基金、973计划和国家重大科学研究计划等国家科技计划的统筹协调和组织实施,进一步加强国家重大科技基础设施、国家重点实验室等基地建设,加大对人才的稳定支持力度,营造有利于原始创新的环境,推动基础研究再上新台阶。

## 第一节 基础研究发展概况

### 一、经费投入情况

基础研究经费投入稳步增长。由2006年的155.76亿元增长到2010年的328亿元,增长了1.1倍,年均增长20%,为开展基础研究工作提供了重要保障。

基础研究人力资源投入不断增长。据统计,中国基础研究人员全时当量从2006年的13.13万人年增长到2009年的16.5万人年,增长了25.7%。2009年,全国R&D人员全时当量为229.1万人年,其中基础研究人员的全时当量占7.2%。

表 8-1 2006—2010 年中国基础研究经费统计

年份	R&D 经费支出 (亿元)	基础研究支出 (亿元)	基础研究占 R&D 比重 (%)
2006	3 003.10	155.76	5.20
2007	3 710.24	174.50	4.70
2008	4 616.02	220.82	4.78
2009	5 802.10	270.30	4.70
2010	6 980.00	328.00	4.70

## 二、国际科学论文发表情况

2009年,SCI数据库收录中国科学论文总数为12.75万篇,占世界份额的8.8%,排在世界第2位,与2008年持平。其中,中国内地共发表11.95万篇论文,比2008年增加25.3%,占世界总数的8.3%,所占份额比2008年增加1.7个百分点。按论文数排序,排在世界前5位,比2008年前进2位。SCI论文数最多的10个学科是化学、物理、生物、临床医学、材料科学、数学、基础医学、电子/通信与自动控制、地学、环境科学。

2000—2010年(截至2010年11月1日),中国科技人员发表国际论文72万篇,排在世界第4位,比2009年统计时上升1位;论文被引用423万次,排在世界第8位,比2009年统计时提升1位。每篇论文平均被引用5.87次,排名世界第12位,比2009年度的5.2次有所提高。

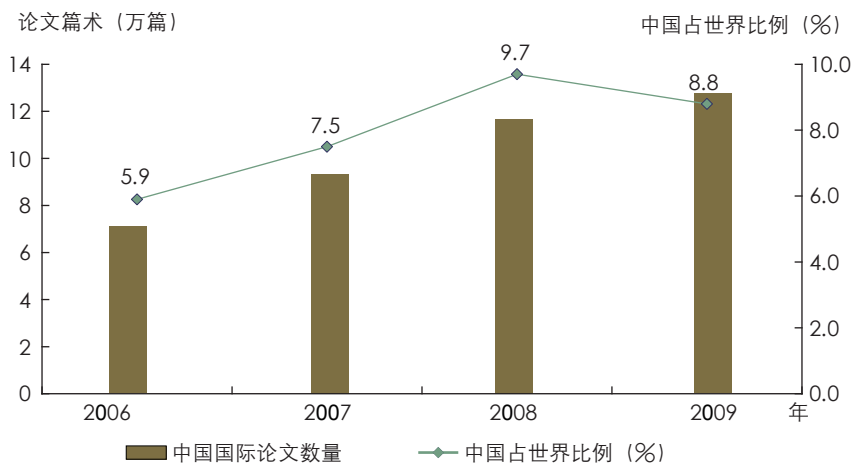


图 8-1 中国 SCI 论文数量与占世界比例的变化趋势

文献计量学分析表明,中国学科国际综合排名从1996—2005年的第13位上升到2001—2010年的第6位。其中,数学、化学、材料、工程技术进入世界前3名,物理、计算机、地学等位于世界前5位,生命科学、空间科学、环境科学也得到快速成长,正在形成后发优势。

2009年国际合作产生的论文为28474篇,比2008年增加了4991篇,增长了21.2%。国际合著论文占中国发表论文总数的22.3%,所占比例较2008年上升2.2个百分点。中国作者为第一作者的国际合著论文共计17751篇,占中国全部国际合著论文的62.3%,合作伙伴涉及98个国家(地区)。

## 第二节

# 基础学科和新兴交叉学科

### 一、数学

马赫结构稳定性研究等取得重要进展，系统研究了马赫激波结构的稳定性，用 Euler 方程组描述激波运动，先后对定常流与非定常流的情形证明了马赫结构关于流扰动的稳定性，从理论上肯定了这一复杂激波结构的合理性，也为有关的实验与计算研究提供了一个理论依据。其所创建的方法对于非线性波的结构与高维守恒律方程组更广泛问题的研究能提供新的启示，有普遍意义。相关成果在 2010 年国际数学家大会上以 45 分钟邀请报告形式发表。

三维 Palis 弱稠密性猜想取得重要进展。该猜想断言：有横截同宿点的系统与 Morse-Smale 系统的并为开稠的。其大意是说，大多数的系统要么非常简单，要么极其复杂。在三维情形证明了这一稠密性猜想。这是稠密性猜想研究中的标志性研究成果之一，引起了这方面专家的广泛关注。

### 二、物理学

在宽广的压强范围内研究了乙硅烷 ( $\text{Si}_2\text{H}_6$ ) 的结构稳定性和超导特性。在高压下发现 3 个金属相。在不同压强下对其进行了理论计算，得到 3 个结构的超导转变温度。在 275 GPa 时，发现一种结构的超导转变温度高达 139 K。该项成果为在 IV A 族氢化物中设计高温超导材料提供了很好的物理模型。

发现局部纳米空腔等离子体激元行为类似具有能量调谐的强相干光源，可以通过激发方式对分子发射器的发射频段进行积极调控。相关成果发表在《Nature Photonics》上。

利用超高对比度的飞秒激光(30fs)与氩(Ar)气体团簇作用,形成了准单色的氩 K 壳层 X 射线。所产生的 X 射线源具有 10 飞秒量级的时间分辨。相关成果发表在《Physical Review Letters》上。

中外科学家合作，在美国布鲁克海文实验室的相对论重离子对撞机上通过反氦 3 和  $\pi$  介子衰变道，探测到反超氦核。它是一个由反  $\Lambda$  超子和一个反质子、反中子聚合形成的束缚态。这是迄今为止发现的最重的反物质原子核，也是第一个含有反奇异夸克的反物质原子核，相关成果发表在《Science》上。

### 三、化学

分子电子学的基础研究取得重要进展，开发了多个系列具有完全自主知识产权的高性能共轭分子体系，获得了 10 余种（全世界约有 40 余种）迁移率超过无定形硅（ $1.0 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ ）的分子材料，在源头上保证了分子电子学的中国特色发展之路。

设计了一个具有非常高分辨的交叉分子束散射实验，在  $\text{F}+\text{HD} \rightarrow \text{HF}+\text{D}$  反应中观测到了单波分辨的分波共振，实现了对该反应过渡态的光谱观测，实验结果与理论计算结果非常吻合。相关成果发表在《Science》上。

### 四、地球科学

通过研究发现于辽西晚白垩世地层中的两块似尾羽龙化石，发现了羽毛演化早期的一个独特发育特征，即早期羽毛发育相比现代具有更大的多样性，其中一些羽毛发育特征及形态类型在演化过程中丧失。相关成果发表在《Nature》上。

### 五、生物科学

发现抑制经典瞬时受体电位通道 6 (TRPC6) 的降解可以阻抑大鼠脑缺血导致的神经细胞死亡。结果表明，TRPC6 蛋白的降解是缺血中造成损伤的病理反应之一，抑制其降解可以维持神经元存活，并减轻缺血造成的损伤。相关成果发表在《The Journal of Clinical Investigation》上。

发现 PTB 蛋白在 HeLa 细胞里与超过 40% 的蛋白质编码基因转录出的 pre-mRNA 结合，20% 的人类已知可变剪接事件与该蛋白的结合位点连锁。在 NCBI 网站上公开发表了近 500 万个 PTB 在基因组上的结合标签序列。该发现打破了认为 PTB 是可变剪接抑制蛋白的传统观念。相关成果以封面论文发表在《Molecular Cell》上。

构建了人类泛基因组序列图谱。通过比较所有有效的人类 DNA 序列和人类基因组多样性的细胞系 PCR 验证，发现绝大多数新序列都是个体或者种群特异性的。相关成果发表在《Nature Biotechnology》上。

利用遗传学方法将外源 P2X2 受体特异表达在果蝇蘑菇体上，研究了果蝇蘑菇体至触角叶的反馈。结果显示，蘑菇体的激活以乙酰胆碱受体依赖的方式诱发了触角叶的投射神经元和局部中间神经元的去极化改变。蘑菇体神经元  $\beta \gamma$ -轴突的激活与胞体的激活相比，引起了更强的触角叶神经元的去极化改变。相关成果发表在《PNAS》上。

## 第三节

# 面向国家需求的关键科学问题

### 一、农业科学

#### ◎ 部署情况

2010年，农业领域围绕主要粮食作物、油料作物骨干亲本，水稻高产优质、作物养分高效利用的分子机制，作物多样性调控病虫害生态和土壤地力，粮食主产区农田地力提升机理与定向培育，重要园艺作物果实品质形成机制，牛奶重要营养品质形成机制及植物免疫机制进行了部署。

#### ◎ 代表性进展

在水稻重要农艺性状的功能基因组和分子基础研究方面，克隆了水稻理想株型基因 IPA1、水稻匍匐生长习性基因 PROG1、控制水稻分蘖角度的主效 QTL TAC1 等，并利用回交转育证明 IPA1 基因在“秀水 11”中可以增加产量 10% 以上，相关成果发表在《Nature Genetics》上。



图 8-2 抗瘟水稻品种布局技术的示范效果



在农作物重大病害成灾的机理与控制的基础研究方面，发现我国稻瘟菌不同致病菌株具有县域分布特征，藉此提出了我国抗瘟品种的筛选与布局以县为单位实施的方案，在黑龙江和辽宁进行抗病品种筛选和布局技术万亩示范，效果良好。

在重大农业害虫猖獗危害的机制及可持续控制的基础研究方面，以华北地区商业化种植 Bt 棉花为例，从 1997—2009 年，系统地研究了 Bt 棉花商业化种植对非靶标害虫盲蝽蟥种群区域性演化的影响。结果表明，Bt 棉花大面积种植有效控制了二代棉铃虫的危害，棉田化学农药使用量显著降低，但也给盲蝽蟥的种群增长提供了场所，导致其在棉田暴发成灾。这些发现证明，针对某一特别害虫的害虫控制政策的改变会导致其他非目标性害虫的扩散。相关成果发表在《Science》上。

## 二、能源科学

### ◎ 部署情况

2010 年，973 计划能源领域主要部署了深井复杂地层安全高效钻井基础研究、煤炭深部开采中的动力灾害机理与防治基础研究、重油梯级分离与高效转化的基础研究、煤等含碳固体原料大规模高效清洁气化的基础研究、高效规模化太阳能热发电的基础研究、大规模高效液流电池储能技术的基础研究、多能源互补的分布式冷热电联供系统基础研究等重点项目。

### ◎ 代表性进展

在化学驱和微生物驱提高采收率的基础研究方面，研制出低 / 无储层伤害的石油磺酸盐和芳基烷基甜菜碱两种表面活性剂，以及适合中低渗透油藏和高温高盐油藏的 5 种新型聚合物，性能优异，扩展了聚合物驱应用范围。这些成果在大庆油田应用效果显著，聚合物驱提高采收率 10% 以上。

在天然气及合成气高效催化转化的基础研究方面，以催化研究新技术研制和新概念提出为先导，开展基础性研究工作，相关成果分别发表在《Nature》和《Science》上。

在石油资源高效利用的绿色可持续化学方面，在石油分子类型的分离、鉴别和详细表征，石油烃催化转化过程反应规律等方面获得了新的科学知识，创制了适合重油转化、清洁燃料生产及原子经济型氧化的催化材料，发展了超临界、磁稳定床等过程强化技术，形成了绿色、节能、经济的新技术基础和工艺。

在大面积低价长寿命太阳能电池关键科学和技术问题的基础研究方面，提出生长初期氢调制技术抑制 Mound 结构形成，获得了提高薄膜质量的技术途径。设计了大面积染料敏化太阳能电池

的新型栅极结构和制作方案,大面积电池效率达到 9.24% ( $10\text{ cm}^2$  以上),实用化大面积电池 ( $15\text{cm} \times 20\text{cm}$ ) 效率达到 7.19%。



图 8-3 染料敏化太阳能电池中试线车间

### 三、信息科学

#### ◎ 部署情况

2010 年,信息领域围绕表面等离子体超分辨成像光刻、超高速低功耗光子信息处理集成芯片与技术、超高效率氮化物 LED 芯片、微纳光机电系统的仿生设计与制造方法、网络海量可视媒体智能处理的理论与方法、面向复杂应用环境的数据存储系统理论、高通量计算系统的构建原理和高效可信的虚拟计算环境基础研究、物联网体系结构与关键技术研究等方面进行了重点部署。

#### ◎ 代表性进展

在基于语义的图像编辑方面取得突出进展。通过简单的用户交互辅助检测和提取图像中的相似物体,对其进行遮挡部分的补充、对应关系的计算和层次关系的估计等,最终用于多种场景物体级别图像编辑应用。该方法巧妙地利用简单的用户交互,把传统方法通过数十分钟才能完成的检测任务在不到 1 秒的时间内完成,鲁棒性也明显提高。相关成果发表在《ACM Transactions on Graphics》上。

在衍射型表面等离子体 (SP) 超分辨成像聚焦透镜研究方面取得重要进展。通过亚波长金属孔径和金属介质复合薄膜结构材料,设计金属缝隙宽度,在超衍射材料特定位置处实现表面等离子体波相干叠加和能量聚集。得到了衍射型聚焦透镜的结构设计公式和分辨力特性规律。相关成果发表在《Opt. Express》上。



## 四、资源环境科学

### ◎ 部署情况

2010年，资源环境领域重点围绕钾盐成矿规律、青藏高原南部大陆聚合与成矿作用、森林和草地土壤固碳潜力、黄河上游风沙水沙过程、气溶胶-云-辐射过程、南海海气相互作用、中国近海水母爆发过程等方面进行了重点部署。

### ◎ 代表性进展

围绕华北大陆边缘造山带开展深入研究，进一步完善了成矿省、矿田和矿床尺度的大陆碰撞成矿理论；率先识别和研究了造山型银、铜、铅、锌、钼等元素矿床，将国际权威提出的造山型金矿模型修改为造山型矿床空间结构模型。

在东喜马拉雅构造结及周围地区实施了连续6年的大地电磁观测，获得了青藏高原东部岩石圈电性结构的初步认识。结果发现，在青藏高原存在两条巨大的中下地壳低阻异常带，理论计算显示这是两条中下地壳的弱物质流。相关成果发表在《Nature Geoscience》上。

集成了分布式水循环模型、水资源配置模型和多目标决策分析模型，形成了高强度人类活动干扰下海河流域“二元”（自然-社会）水循环模型；揭示了城市“二元”水循环系统演化机制和规律，提出了水资源高效利用模式与标准。

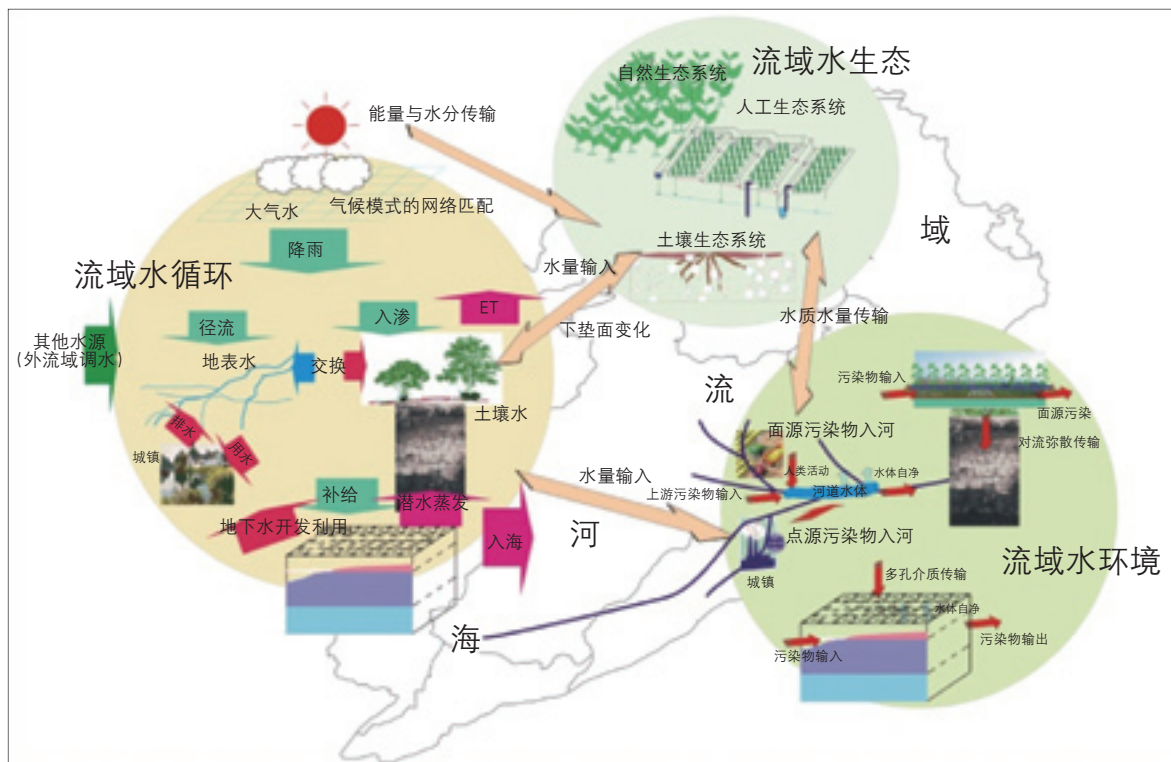


图 8-4 自然-社会二元水循环机理

提出了有机碳的储碳机制——海洋微型生物碳泵，即海洋微型生物不断利用活性 DOC 产生惰性 DOC，构成了微型生物主导的由低浓度向高浓度转化的碳流动，这种碳可在海洋中保存 5 000 年以上，从而实现海洋储碳。该机制对气候变化、海洋碳汇研究意义重大。《Science》杂志评论“海洋微型生物碳泵”为“巨大碳库的幕后推手”。

## 五、生命科学

### ◎ 部署情况

2010 年，生命科学领域在恶性肿瘤、心脑血管疾病和神经精神疾病等重大疾病发病机制及早期防治，有害环境因素的危害机理及防护、重要传染病流行特征及其致病机制研究，以及中医理论的相关基础研究等方面进行了部署，并取得一批重要的成果。

### ◎ 代表性进展

鉴定了中药砷剂治疗急性早幼粒细胞白血病的分子靶点。结果表明，砷可以直接结合在 PML 和 PML-RAR $\alpha$  的 RBC 结构域内的锌指半胱氨酸残基上。

发现胞内核酸结合蛋白 LRRFIP1 对于巨噬细胞中水泡性口炎病毒 (VSV) 和李斯特菌诱导的  $\beta$ -干扰素 (IFN- $\beta$ ) 分泌起到重要作用，揭示了由 IRF3 介导的 I 型干扰素分泌通路，加深了对胞内核酸感受器检测微生物的 RNA 和 DNA，并触发 I 型干扰素分泌机理的认识。

对华南 1 583 位鼻咽癌患者和 1 894 位对照者人群进行了全基因组关联分析，发现了 3 个新的鼻咽癌易感位点。发现 LKB1 通过抑制赖氨酰氧化酶 (LOX) 和细胞外基质微环境的重塑促进肺癌恶性转移的分子机制，揭示 LOX 是肺癌的一个潜在的治疗靶点。

H5N1 禽流感病毒在哺乳动物间传播的机制研究取得进展，发现 PB2 蛋白 701 位的氨基酸残基天冬酰胺是 H5N1 流感病毒在哺乳动物豚鼠中传播的前提条件。

## 六、材料科学

### ◎ 部署情况

2010 年，材料领域主要围绕新型轻质高性能材料、新型功能材料、聚合物材料的结构调控和高性能化与功能化研究、生物医用材料、材料服役行为以及材料制备科学等方面进行部署，同时对高温超导材料及其物理研究进行重点支持。

### ◎ 代表性进展

研制出三维隐身衣原型，制作的隐身衣具有宽频带、低损耗、隐身效果好等优点，适用于

不同极化、任意方向入射的电磁波，可对地面目标在微波段进行全方向、宽频带隐身。相关结果发表在《Nature Communications》上。

开发出 CO<sub>2</sub> 中空纤维膜分离器，研发出拥有自主知识产权的耐 CO<sub>2</sub> 膜材料和膜制备技术；开发了孔结构可调的 TiAl 合金特种分离膜制备方法，展现出广阔的应用前景；研究出具有特色的环境响应仿生与智能化新型膜材料，拓展了膜的应用领域。

深入研究了苕麻纤维的微观结构，揭示了其界面的粘连机理，研制成功苕麻纤维增强的热固性酚醛树脂复合材料，得到了力学性能堪比传统玻璃纤维增强树脂基复合材料的苕麻纤维增强复合材料。

利用六炔基苯在铜表面发生耦联反应，成功制备出 3.61cm<sup>2</sup> 的大尺寸石墨炔薄膜。

## 七、综合交叉科学

### ◎ 部署情况

2010 年，综合交叉领域重点围绕极端制造、航空航天、对地观测及导航、重大工程及其灾害、社会集群行为、工业生物技术及绿色化学、生物医学影像及仿生分子识别技术等进行了部署。

### ◎ 代表性进展

研制出世界上最大的螺旋锥齿轮磨齿机，打破了舰艇传动箱使用的大规格高质量螺旋锥齿轮依赖进口的格局，大型铝合金薄壁件粗加工效率提高 30%，精加工效率提高 50%，工件表面质量提高一个等级。

提出了基于多地面站的多种观测数据和多低轨卫星与 GPS 卫星数据联合处理方法，将对地



图 8-5 螺旋锥齿轮磨齿机

观测卫星定轨精度从  $\pm (10 \sim 20)$  m 提高到了  $\pm (3 \sim 4)$  cm。

提出了多种非匀质成像重建方法，构建了激发荧光成像系统、自发荧光成像系统和 Micro-CT 成像系统，研发了具有自主知识产权的光学成像软件 WinMI 和 Micro-CT，并基于该系统开展了一系列在体肿瘤机理和药效评价实验。

开发了醇析耦合盐析结晶新技术，明显提高了产品的纯度和质量。整体生产工艺的物耗、能耗、水资源消耗和污水排放量均下降 50% 左右，生产成本下降近一半，显著提高了国内高能磷酸化化合物的国际市场竞争力。

## 第四节 重大科学研究计划

### 一、蛋白质研究

#### ◎ 部署情况

在细胞生长增殖过程中的蛋白质群的生物学功能与调控、重大疾病相关的蛋白质组研究、蛋白质组数据的挖掘及相关基因组的解读、蛋白质研究的新技术和新方法等关键领域进行了部署。

#### ◎ 代表性进展

解析了大肠杆菌 AdiC、CED-4 凋亡体、大肠杆菌肉碱转运蛋白 (CaiT) 等重要蛋白质的晶体结构。研究了大肠杆菌 AdiC 结合 Arg 的 3.0Å 晶体结构，该结构拥有 4 个芳香族残基和 208 位谷氨酸构成的 3 个电位门。

制备出高亲和力的乙酰化修饰的抗体，初步建立了蛋白乙酰化修饰的蛋白质组学技术平台，并从临床的肝癌组织中发现了 1 000 多个乙酰化的蛋白质，初步建立了全细胞水平的蛋白乙酰化修饰图谱。

发现了一种新的负向调节 TLR 信号的机制，即通过膜表面整合素 CD11b 抑制 Syk 的活化从而抑制 MyD88 和 TRIF 的磷酸化，最终通过影响 MyD88 和 TRIF 的蛋白酶体降解来调节 TLR 诱导的细胞因子产生和信号传导。

帕金森病 (PD) 与多巴胺 (DA) 神经元的功能退化及死亡相关。利用通过异位表达人  $\alpha$ -突轴核蛋白构建的果蝇 PD 模型研究发现，果蝇组蛋白去乙酰化酶 -6 (dHDAC6) 在保护多巴胺神经元和  $\alpha$ -突轴核蛋白包涵体形成方面起到关键作用，该研究揭示了突轴核蛋白病理发生的一

个通用机制。

## 二、量子调控研究

### ◎ 部署情况

围绕量子通信网络和量子仿真关键器件的物理实现研究、基于超冷原子、分子体系的新物态和量子仿真、冷原子分子系统的量子调控与量子信息技术、基于光与冷原子的量子物理和量子信息、关联电子系统量子调控、固态电子系统的量子效应、量子结构设计和量子计算研究、低维量子体系的新奇量子现象研究、分子尺度的量子设计与调控研究、固态微结构中光诱导集体激发、光电耦合效应及其原型器件研究等方面进行了重点部署。

### ◎ 代表性进展

制备出高质量拓扑绝缘体量子薄膜为观察量子反常霍尔效应等实验研究提供了基础；观察到拓扑绝缘体  $\text{Bi}_2\text{Se}_3$  表面金属态的朗道量子化，证明了拓扑表面态是一个二维无质量的狄拉克费米体系；从理论上预言了在磁场下铁磁性石墨烯是一种新的拓扑绝缘体；发现了  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$ 、 $\text{Bi}_2\text{Se}_3$  和  $\text{Sb}_2\text{Te}_3$  掺杂过渡金属元素（Cr 或 Fe）可形成一种磁有序的绝缘体，在这些材料中，自发磁

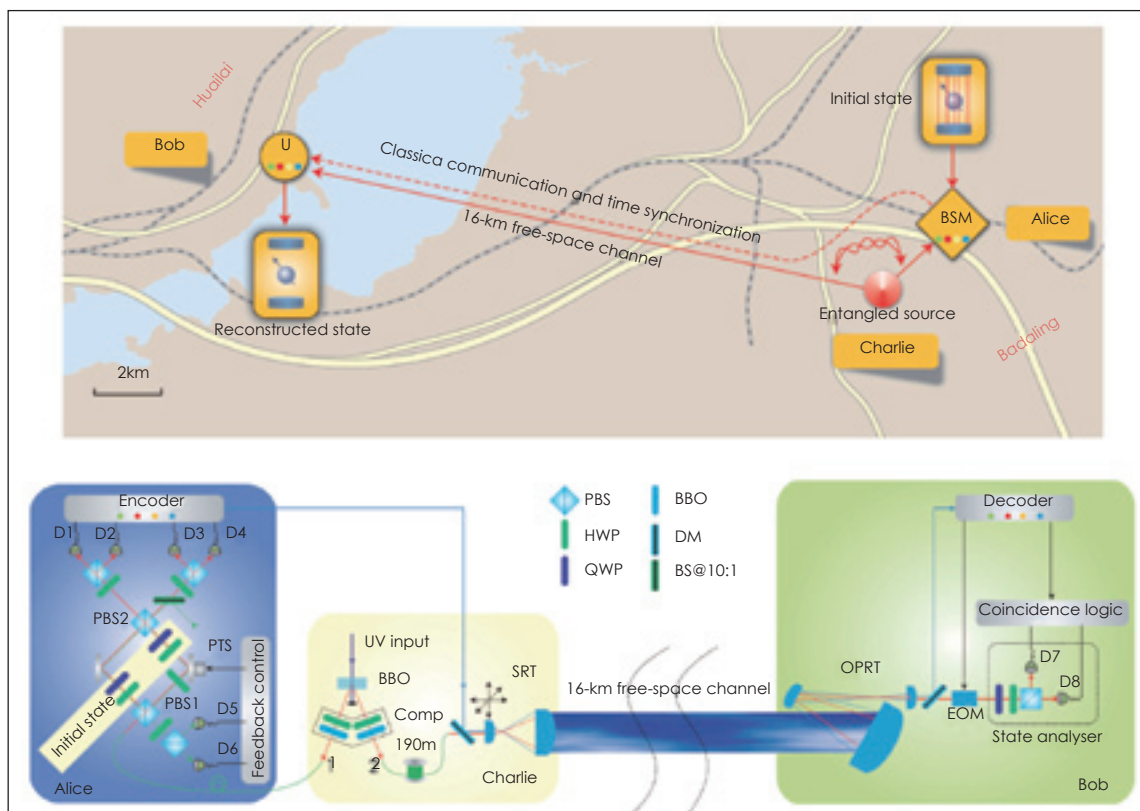


图 8-6 16km 量子隐形传态实验方案及原理



矩和自旋-轨道耦合的联合作用将导致量子反常霍尔效应；观察到拓扑绝缘体薄膜两个表面上的拓扑态可以发生耦合，从而在表面态打开一个能隙。上述系列研究成果分别发表在《Physical Review Letters》、《Science》和《Nature Physics》上，极大地加深了对拓扑绝缘体的理解，在国际学术界产生了广泛影响。

在多粒子纠缠态的制备和操纵方面取得突出进展，完美实现了由5个光子极化状态和空间状态相干叠加，使纠缠量子比特数目最高达到10个，成功制备出超纠缠光子薛定谔猫态，并演示了基于纠缠的相位超精细分辨。相关成果发表在《Nature Physics》上。

实验示范了超过16公里的自由空间量子隐形传态，发展了主动前馈技术以实现信息的实时传输，信号的保真度达到89%。相关成果发表在《Nature Photonics》上。

### 三、纳米研究

#### ◎ 部署情况

主要部署了纳米材料与技术在水中污染物选择性消除以及水污染物检测与治理中的应用基础研究、基于纳米材料的太阳能光伏转换应用基础研究、新型微纳结构硅材料及其广谱高效太阳能电池研究、应用纳米技术解决胃癌预警与早期诊断中的关键科学问题、基于纳米技术的药物新剂型改善肿瘤治疗效果的应用基础研究、光子束超衍射纳米加工技术与应用基础研究、纳米结构电荷俘获材料及高密度多值存储基础研究、相变存储器规模制造技术基础问题研究、纳米磁性自旋存储器和半导体硅量子点存储器的研制及其器件物理研究、纳米结构的新型同步辐射表征技术、新型纳米复合磁性材料及其应用的关键基础研究等重点项目。

#### ◎ 代表性进展

以纳米晶表面设计与修饰技术为基础，以液相原位组装技术为重点，发展出简单、高效、温和的宏观尺寸超晶格的制备方法，利用纳米晶超晶格阵列体系组装规律，发展了三维超晶格材料宏量制备技术。

通过化学方法首次成功地在铜片表面上合成了石墨炔，为大面积石墨炔薄膜在纳米电子的应用开辟了新途径。

建立了碳纳米管单体微观结构及其传导性能的原位测试平台，系统考察了不同结构碳纳米管的输运特性；研制出锂离子电池用碳纳米管复合导电剂，可使锂离子电池的循环寿命延长1倍以上，建成了20吨/年碳纳米管复合导电剂的中试生产线。

建立了一套拥有自主知识产权的、基于扫描电子显微镜的纳米材料与纳米器件原位研究平

台，发展了多种原创性的纳米加工和测量方法、一系列的碳纳米管生长控制技术、高性能碳纳米管器件和集成电路的加工、测试技术与性能优化的工艺、开发了以量子力学为核心的新一代半导体器件模拟器。

以金纳米棒为检测探针，实现了 HIV 病毒核酸序列的目视化检测、UV-Vis 检测及光散射检测。

制备了大面积一维有序硅纳米结构阵列；研制出高光吸收率的新型硅纳米线阵列光电化学太阳能电池，通过对硅纳米线表面进行金属纳米颗粒修饰，获得了光电转换效率大于 10.3% 的硅纳米线电池。

## 四、发育与生殖研究

### ◎ 部署情况

围绕重要亲源分子对胚层诱导和分化的调控、发育过程中形态发生素梯度形成和信号转导的调控机制、哺乳动物后肾发育重要环节、小型猪和小鼠等发育与生殖重要哺乳动物模型的建立、精子遗传信息稳定传递、妊娠建立和维持的分子机制研究、雌性生育力维持调节机制研究、生殖资源库建立以及植物减数分裂过程中染色体相互作用的分子机理进行了重点部署。

### ◎ 代表性进展

首次发现凋亡细胞吞噬受体的一种调控机制，揭示了 retromer 复合体参与凋亡细胞清除的新功能。该项研究有助于加深对细胞凋亡调控机制的认识，并为通过调控细胞凋亡途径来治疗自身免疫疾病，神经退行性疾病以及抗肿瘤等提供新靶点，具有重要理论意义和潜在应用价值。相关成果发表在《Science》上。

利用基因突变小鼠证实靠近卵泡壁的颗粒细胞产生 C-型钠肽，与围绕在卵子周围的卵丘细胞上的受体结合，产生 cGMP，通过缝隙连接进入到卵子内，抑制了 cAMP 的降解，从而抑制了卵子的成熟。该项研究为人类卵巢早衰和卵巢多囊症的发病机理提供了重要参考，也为动物高效繁殖技术的应用奠定了基础。相关成果发表在《Science》上。

## 五、干细胞研究

### ◎ 部署情况

主要在干细胞及器官衰老和再生、干细胞的维持与分化、不同来源人类干细胞全能性和诱导性多功能干 (iPS) 细胞多能性差异的系统研究、干细胞分化与重新编程中蛋白质的结构与功能、

iPS 细胞猪与小型猪疾病模型、非编码 RNA 与干细胞命运调控等方面进行了部署。

### ◎ 代表性进展

发现干细胞的分化子细胞通过 Fused/Smurf 复合体主动地拮抗来自微环境的 BMP 信号，从而在干细胞和分化子细胞之间产生陡峭 BMP 响应梯度，进而促进干细胞不对称地分裂。发现 Fused 在脊椎动物中同样具有拮抗 BMP/TGF- $\beta$  信号传导的功能，从而揭示了 Fused 蛋白在干细胞命运调控中的重要作用。相关成果发表在《Cell》上。

通过对重编程中自由基产生的观察，提出了抗氧化剂维生素 C 能提高重编程效率的假说。实验证明在培养基添加维生素 C 能够将诱导 iPS 细胞的效率从 0.01%~0.1% 提高至 10%。该项发现以封面文章刊登在《Cell Stem Cell》上，并被誉“iPS 细胞的高速铁路”。

发现并明确证实决定小鼠干细胞多能性的关键基因决定簇。该项成果对于揭示干细胞多能性维持机制、促进干细胞筛选分离、建立与维持治疗性克隆、移植细胞定向诱导等领域研究具有重要意义。相关论文发表在《Journal of Biological Chemistry》上。

## 六、全球变化研究

2010 年，全球变化研究在过去 2000 年全球典型暖期的形成机制及其影响；南大洋—印度洋海气过程，亚洲区域海陆气相互作用机理及其对全球变化的影响；北半球冰冻圈变化及其对气候

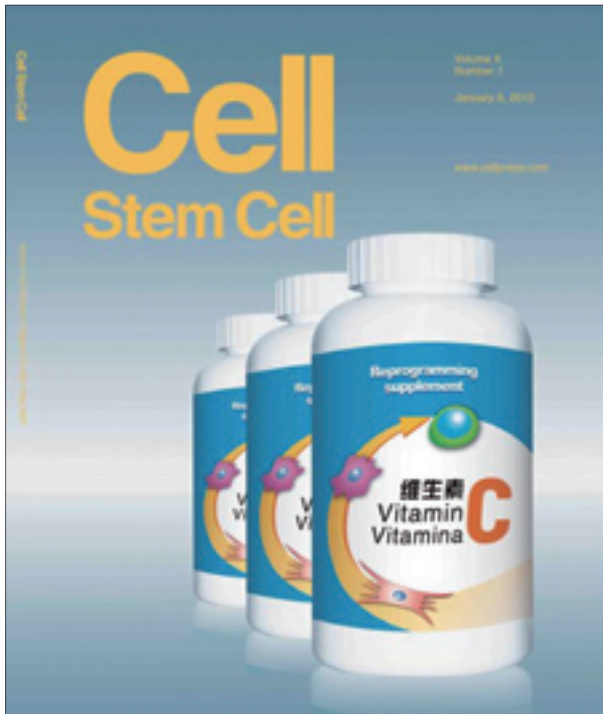


图 8-7 维生素 C 可极大促进 iPS 细胞的生成

环境的影响与适应对策；青藏高原气候系统变化及其对东亚区域的影响与机制研究；不同区域陆地生态系统碳源（碳汇）演变机制、特征及其意义；气候变化对西北干旱区、黄淮海地区水循环影响机理与水资源安全研究；典型海岸带系统对气候变化的响应及脆弱性评估研究；全球变化影响下我国主要陆地生态系统的脆弱性与适应性研究；气候变化对我国粮食生产系统的影响机理及适应机制研究；全球气候变化数据的评估、同化、融合与应用；不同气候系统模式的研制与评估等相关方向进行了部署。

## 第五节

# 科技基础性工作

### 一、部署情况

进一步完善科技基础性工作专项布局,开展重点科学考察和重要志书编研工作。开展库姆塔格沙漠科学考察,填补我国最后一块未知沙漠科学考察的空白;开展我国一半国土的1:5万土壤图籍编撰及高精度数字土壤构建,为我国科学研究提供全新可靠的数据来源。

进一步推进基础科学、材料、水文三个领域数据共享项目的实施,发挥专家组作用,加强对项目的咨询和指导,完善定期工作汇报和交流机制。

继续开展973计划资源环境领域数据汇交试点工作。进一步促进973计划资源环境领域的所有项目全部参加数据汇交工作,完善数据汇交中心的管理结构,推动数据的共享。

### 二、代表性进展

#### ◎ 人体生理常数数据库扩大人群调查

在已经积累了河北、浙江、广西和北京市4万多人数据的基础上,将调查范围扩大到6省8万多人(1.5万人/每省,包括少数民族),使“中国人生理常数数据库”将拥有占全国人口1:1万的人群数。业已完成黑龙江(朝鲜族)、内蒙古(蒙古族)、湖南(土家族和苗族)和部分四川省(藏族)的调查,获取了5万多名年龄8~80岁,不同职业、性别人群的生理数据,涉及体质、血尿常规、血液、循环、呼吸、内分泌等系统。数据库面向各层用户,出版各省的数据集。数据库通过Internet实现在线展示、浏览、搜索、健康自评等多方位应用。已有的成果为政府医疗卫生、人口与健康等有关决策和计划提供依据。

#### ◎ 中国湖泊水质、水量和生物资源调查

通过遥感获取中国面积大于1.0 km<sup>2</sup>湖泊分布现状;以东部平原、东北和云贵高原10 km<sup>2</sup>以上湖泊为重点,兼顾内蒙古、新疆和青藏高原,查清了150余个湖泊水质、水量和主要生物资源状况,分析湖泊变化及其原因,为湖泊资源利用和保护管理提供基础数据。调查新发现大于1.0 km<sup>2</sup>的湖泊191个,消失湖泊243个,湖泊蓄水量和生物资源变化极为显著。本研究制定的湖泊调查规程被水利部门借鉴采用。

#### ◎ 中国1:5万土壤图籍编撰及数字土壤构建

收集和整理了中国分县完成的宝贵土壤与土壤质量原始图件、土壤剖面科学记载,完成中国



1:5万比例尺土壤图籍及高精度数字土壤,完成了全国4/5地区大比例尺土壤图件与资料的采集,这是中国目前最详尽、完整的土壤资源基础数据,使中国土壤调查资料的丢失、损毁得到遏止,为了解耕地资源土壤质量状况和变化提供了重要的基础信息。创建了非标准海量土壤信息集成方法,完成了1215个县的1:5万土壤图籍整合编撰和高精度数字土壤建设。中国高精度数字土壤能够以5公顷为单元提供详尽的土壤质量信息。数据质量、精度和完成情况达到并超过许多发达国家。

### ◎ 库姆塔格沙漠综合科学考察

对唯一分布有羽毛状沙丘的中国第六大沙漠开展首次综合科学考察,填补了中国沙漠科考的最后空白。初步确定了沙漠形成时代和演化过程;揭示了羽毛状沙丘形成机理;在沙漠无人区建立了基于卫星传输的全天候实时气象观测场;摸清了沙漠地区野生动植物分布规律,对一级保护动物野生双峰驼及其适生环境进行了系统调查;探测了沙漠中10条重要河/峡谷,绘制完成了现代水系分布图;提出了沙漠及其周边区域生态功能分区与治理方向。建立了库姆塔格沙漠综合数据库,并编制完成《库姆塔格沙漠研究》和《库姆塔格沙漠综合自然地理图集》。



图 8-8 库姆塔格沙漠科考——羽毛状沙丘



## 第六节 核聚变研究

### 一、部署情况

在科技部牵头组织下,中国全面、积极参与 ITER 理事会议事、决策活动和 ITER 组织的管理。

2010年6月由中国组织在苏州召开了第六届 ITER 理事会。科技部牵头组团参加了 ITER 组织召开的3次管理咨询委员会(MAC)和2次科技咨询委员会(STAC)。

积极参与 ITER 组织与国内机构(IO-DA)协调会议以及费用评估、集成进度、风险管理、知识产权、出口控制、质量保证及各工作组活动,全面介入 ITER 计划执行层面的管理。截至2010年11月,ITER 组织现有中方直接雇员21人(其中4名管理人员,17名技术人员)。

按照 ITER 谈判结果,作为实物贡献,中国将承担12个采购包制造任务。

为了有效地配合 ITER 计划的全面实施,进一步提高核聚变自主研发和创新能力,2008年科技部启动了 ITER 计划专项国内研究。2010年,ITER 计划专项国内研究项目按照部署,继续围绕 ITER 计划专项总体目标,积极开展先进托卡马克物理实验研究,加大基础研究、人才培养、技术储备。

### 二、代表性进展

#### ◎ 固态增殖剂 TBM 设计研究取得多项重要进展

在综合考虑不同工艺方法的基础上,选用熔融喷雾法制备正硅酸锂微球。经过多次试制,已成功制备出直径1.0mm的正硅酸锂微球。采用等离子旋转电极法成功研制出粒径1.0mm铍小球,铍小球纯度达到99.0%以上,球形度达99.7%,质量符合聚变堆固态包层的设计要求。铍小球研制的技术突破,使中国成为除日本外掌握等离子旋转电极法制备铍小球工艺的国家。

#### ◎ 高温超导超大电流引线型超导磁体馈线系统取得重要突破

在 HTS 叠的排列位形方面尽力降低垂直场分量,提高了 HTS 组件的载流能力,提高了其运行的安全裕度;采用了比较先进的电子束焊接技术来代替传统的真空钎焊技术,消除了真空钎焊对温度梯度和真空室空间的要求以及焊接工艺的限制,避免了电流引线整体加热对材料性能及电流引线工作性能的影响。



图 8-9 ITER 69kA 高温超导电流引线冷测试装置

### ◎ 先进等离子体控制领域取得重要进展

在 EAST 上开展了与 ITER 相似的各种等离子体形状的灵活稳定控制实验，初步演示了在 ITER 上稳态放电的可行性；在 EAST 上通过优化控制击穿极向场，以及低杂波的辅助下实现了环电压为 1.8V 的等离子体击穿启动，环电压对应的电场为 0.16V/m，已超越了 ITER 启动环向电场 0.3V/m 的要求。