

成果简介

2011年度中国科学十大进展简介

[编者按] 2011年是我国“十二五”规划的开局之年,随着《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006—2020年)》、《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020年)》、《国家中长期人才发展规划纲要(2010—2020年)》的实施,我国基础研究发展明显加快,创新能力逐步提高,影响日益扩大,全社会对基础研究认识不断深化,基础研究在科技进步与创新中的地位得到进一步巩固和提高,基础研究发展进入到一个重要的跃升期。2001—2010年基础研究投入总量超过1600亿元,年均增长超过20%。2010年,从事基础研究的科研队伍已具有相当的规模,科研环境和条件得到明显改善,合作与交流更加广泛。我国基础研究取得的成就有目共睹,国际科学论文总量已达14.84万篇,占10.4%,位居世界第二,论文总被引用数达到了519.14万次,排在世界第7位,比2009年上升了1位,平均每篇论文被引用次数与世界平均值相比提升速度相对较快。我国科学家在《自然》(*Nature*)、《科学》(*Science*)和《美国科学院院刊》(*PNAS*)等综合性期刊和各学科权威刊物上发表的高质量论文数显著增加。我们通过分析这几年“中国科学十大进展”的评选结果发现,每年都有一批高质量的论文产生,具有重大原创性的研究成果不断涌现。

为了进一步扩大2011年我国基础研究工作的影响,让全社会了解、支持和参与我国基础研究工作,科学技术部基础研究管理中心会同《科技导报》杂志社、《中国科学院院刊》编辑部、《中国科学基金》编辑部和《中国基础科学》编辑部在认真总结往年工作经验的基础上,共同开展了2011年度“中国科学十大进展”评选活动。依据《中国科学十大进展评选办法》的要求,评选的重点是研究成果的新闻性、原创性以及社会影响力。首先,通过初评,从233项推荐进展中遴选出31项候选进展。随后,以问卷形式将候选进展送有关中国科学院院士、中国工程院院士、“973”计划顾问组和咨询组专家、“973”计划项目首席科学家、国家重点实验室主任等专家进行无记名投票。最后,根据返回票数的统计结果,评选出2011年度“中国科学十大进展”。

1 天宫一号与神舟八号成功实现交会对接

2011年9月29日和11月1日,我国分别成功发射了天宫一号目标飞行器和神舟八号飞船,11月3日和14日天宫一号与神舟八号先后成功完成了两次空间交会对接试验,神舟八号飞船返回舱于11月17日19时30分顺利返回地面,圆满实现了“准确进入轨道、精确交会对接、稳定组合运行、安全撤离返回”的任务目标。天宫一号与神舟八号交会对接的成功,标志着我国在突破和掌握空间交会对接技术上迈出了重要一步,实现了我国空间技术发展的重大跨越,这是我国载人航天事业发展史上的又一重要里程碑。

2 利用强激光成功模拟太阳耀斑的环顶 X 射线源和重联喷流

太阳耀斑是离人类最近的天体剧烈释能现象之一,人们普遍认为其形成的可能机制是磁重联。这

一认识的直接证据是在太阳耀斑中观测到的环顶 X 射线源。但由于天文观测本身的局限性,目前对这一现象的解释大多是定性和唯象的。中国科学院国家天文台赵刚研究组、中国科学院物理研究所和上海交通大学张杰研究组以及其他合作者,利用中国科学院上海光学精密机械研究所高功率激光物理联合实验室的神光 II 号强激光与特殊构型靶相互作用,巧妙地构造了等离子体磁重联拓扑结构,在实验室中对太阳耀斑中的环顶 X 射线源和重联喷流进行了实验模拟,得到了与太阳表面发生的重联过程极为相似的实验结果,并通过磁流体标度变换理论证明两个系统的各项物理参数有惊人的相似性。对实验室重联区尺度特征研究发现激光等离子体磁重联区存在两个耗散区,其中离子耗散区的尺度与理论模拟一致,而电子耗散区尺度的实验结果要大于传统的理论值,这为理论探索磁重联电子耗散区尺度提出了挑战。这项工作证明了在强激光实验室对天文现象进行实验模拟研究的可行性,为天体物理问

题的研究提供了一个新思路。相关研究论文发表在2010年12月 *Nature Physics* [6:984—987]上。

3 将小鼠成纤维细胞成功转化为功能性肝细胞样细胞

不依赖于供体肝脏器官的功能性肝细胞的获得是肝脏再生医学和疾病治疗的一个关键。已有的研究显示,可通过诱导胚胎干细胞或多能干细胞获得肝脏细胞。理论上肝病病人使用自己的由多能干细胞诱导产生的肝细胞可以避免免疫排斥反应。但从诱导性多能干细胞转化成肝细胞是一个复杂的过程,将很可能被新的技术所代替。过表达谱系特异性转录因子可直接将分化终端细胞转化成其他谱系的细胞,如神经细胞、心肌细胞和造血干细胞,但是这些转化获得的细胞在体内是否可以修复组织仍无法确定。中国科学院上海生命科学研究院生物化学与细胞生物学研究所惠利健研究小组通过转入 *Gata4*、*Hnf1alpha* 和 *Foxa3* 转录因子和失活 *p19Arf* 基因将小鼠尾巴的成纤维细胞直接转化为功能性肝细胞样细胞(iHep)。这种细胞具有和体内肝细胞类似的上皮细胞形态、基因表达谱,且获得了肝细胞的功能,如肝糖原积累、乙酰化低密度脂蛋白的转运、药物代谢和吲哚绿的吸收等。特别是,将这种肝细胞样细胞植入模拟人类酪氨酸代谢缺陷肝病小鼠的肝脏,可恢复肝脏功能并挽回将近一半小鼠的生命。该结果为产生功能性肝细胞样细胞用于再生医学提供了新的策略。此外,iHep细胞在制药工业有关的药物毒理研究以及在基础医学和临床医学对多元性的肝脏疾病机理研究中也具有广泛的应用前景。相关研究论文发表在2011年7月21日 *Nature*[475:386—389]上。

4 显微光学切片层析成像获取小鼠全脑高分辨率图谱

神经解剖结构被认为是理解脑功能及其功能紊乱的基础。然而,现有成像技术限制了在介观尺度上对全脑尺度神经环路进行成像。华中科技大学武汉光电国家实验室(筹)骆清铭研究小组,研发出一种显微光学切片层析成像(MOST)系统,可对厘米级的整个小鼠大脑进行亚微米尺度的层析成像。他们利用MOST,获得了包含高尔基体的整个小鼠大脑的15380层像素分辨率为 0.3×0.3 微米的冠状断面图像。同时,他们利用具有高定位精度的三维移动平台,及在切片中采用对先采取到的信息进行

验证分析的方法,对图像准确定位和预处理,实现了神经突起水平的小鼠全脑结构成像,获得了一套全脑组织切片图谱,可清晰分辨神经元的形态和空间位置以及神经突的走向,并可观察到相邻Purkinje细胞间的接触。这种介观水平的小鼠全脑神经解剖图谱,为数字化鼠脑结构和脑功能仿真研究提供了重要的基础性实验数据参考。相关研究论文发表在2010年12月3日 *Science*[330:1404—1408]上。

5 设计出兼具低场高灵敏和高场大磁电阻的硅基磁电阻器件

已有的研究发现,在一些非磁性半导体中存在由非均匀性导致的磁电阻(IMR),特别是硅因其具有大的IMR效应和与磁场的线性依赖关系(虽然需要较高的磁场强度)而成为研究热点。许多理论研究认为材料中载流子迁移率的波动导致了IMR。清华大学材料科学与工程系章晓中研究组的研究显示,在轻微掺杂的硅中,通过空穴注入可显著增强IMR效应,并可通过施加一个电流而使IMR在低磁场下即可产生。在他们的器件中,非均匀性由一个p-n边界来提供,该边界两侧的电导分别由少数电荷载流子(空穴)和多数电荷载流子(电子)所主导。施加磁场可使边界区域的电流产生紊乱,从而产生大的磁电阻。由于这是一个本征的空间效应,因此该器件的几何特征可以被用于进一步增强IMR。他们设计的器件在室温对磁场非常敏感,并在低磁场下IMR有很大提高,在0.07特斯拉和0.2特斯拉下分别实现了10%和100%的磁电阻,因而对磁传感器工业将具有非常大的吸引力。特别是考虑到该器件是基于传统的半导体硅材料,因而这种器件还可以很方便地与传统的硅基微电子器件集成,从而推动传统金属基磁电子学向半导体基磁电子学特别是向硅基磁电子学的升级。相关研究论文发表在2011年9月15日 *Nature*[477:304—307]上。

6 揭示梯度纳米晶铜本征塑性变形机制

梯度结构是指晶粒尺寸在空间上呈梯度分布。中国科学院金属研究所沈阳材料科学国家(联合)实验室卢柯研究组利用表面机械碾磨处理在纯铜棒材表面成功制备出梯度纳米结构,自表及里晶粒尺寸由十几nm梯度增大至 μm 尺度,棒材芯部为粗晶结构(晶粒尺寸为几十 μm),这种梯度纳米结构的厚度可达数百 μm 。梯度纳米结构层具有很高的拉伸屈服强度,最外表层50 μm 厚梯度纳米结构的

屈服强度高达 660 MPa(是粗晶铜的 10 倍)。室温拉伸实验表明,具有梯度纳米结构的表层在拉伸中真应变高达 100%时仍未出现裂纹,表明其拉伸塑性变形能力优于粗晶铜。这种优异的塑性变形能力源于梯度纳米结构对应变集中的有效抑制和梯度纳米结构独特的变形机制。微观结构研究表明,梯度纳米结构在拉伸过程中其主导变形机制为机械驱动的晶界迁移,从而导致伴随的晶粒长大。这种变形机制与位错运动、孪晶、晶界滑移或蠕变等传统的材料变形机制截然不同。相关研究论文发表在 2011 年 3 月 25 日 *Science* [331: 1587—1590]上。

7 揭示 Tet 双加氧酶在哺乳动物表观遗传调控中的重要作用

高等动物中最普遍的 DNA 修饰是胞嘧啶甲基化成 5-甲基胞嘧啶(5mC),它可以通过双加氧酶 Tet 家族进一步氧化为 5-羟甲基胞嘧啶(5hmC)。尽管在表观遗传调控中该过程发挥着重要的作用,但是这些胞嘧啶修饰如何被逆转仍不太清楚。中国科学院上海生命科学研究院生物化学与细胞生物学研究所分子生物学国家重点实验室徐国良研究组与合作者,研究发现 DNA 的 5mC 和 5hmC 在体外和培养细胞中可被 Tet 双加氧酶进一步氧化成 5-羧基胞嘧啶(5caC)。而 5caC 可被胸腺嘧啶 DNA 糖基化酶(TDG)特异识别并切除。老鼠胚胎干细胞中 TDG 的耗尽可导致 5caC 积累至可观水平。上述研究结果表明,5mC 可被 Tet 蛋白氧化为 5hmC 以至 5caC,5caC 又进一步被 TDG 识别和切除,进而通过 DNA 碱基切除修复途径替换为没有修饰的胞嘧啶,这构成了一条 DNA 去甲基化而活化的通路。相关研究论文发表在 2011 年 9 月 2 日 *Science* [333:1303—1307]上。此外,徐国良研究组还与李劲松研究组等合作者研究发现,Tet 双加氧酶家族的 Tet3 可通过使受精卵中父本染色体 DNA 的 5mC-甲基胞嘧啶修饰氧化变成 5-羟甲基胞嘧啶 hmC,进而促进了父本染色体 DNA 的去甲基化,在卵母细胞中父本基因表观遗传重编程中发挥重要作用。同时,缺失 Tet3 的卵母细胞明显降低了对注射进来的体细胞核的再编程能力。这表明,Tet3 介导的 DNA 羟基化调控了受精卵内父本 DNA 表观遗传的重新编程以及随后的受精过程,而且也影响动物克隆过程中体细胞核的再编程。相关研究论文发表在 2011 年 9 月 29 日 *Nature*[477:606—611]上。

8 利用化学气相沉积法制备出石墨烯三维网络结构材料

中国科学院金属研究所沈阳材料科学国家(联合)实验室成会明研究组,采用兼具平面和曲面结构特征的泡沫金属为生长基体,利用化学气相沉积方法制备出具有三维连通网络结构的泡沫状石墨烯体材料。他们研究发现,这种石墨烯体材料是由石墨烯以无缝连接的方式构成的全连通整体,集成了三维网络独特的形貌特征和石墨烯优异的物理化学性质,具有优异的电荷传导能力,其比表面积可达 850 m²/g,孔隙率可达 99.7%,密度仅为 5 mg/cm³。这种方法具有可控性好、易于放大以及材料性能可调控的优点。采用基体卷曲方法在实验室即可制备出 170×220 mm² 及更大面积的石墨烯三维网络材料。他们还基于这种材料的三维网络结构制备出石墨烯/硅橡胶复合材料,在石墨烯含量仅为 0.5 wt%的条件下,其电导率可达 10 S/cm,高于基于高质量碳纳米管的复合材料的电导率。而且,这种复合材料具有很好的柔韧性和稳定性,在拉伸和弯折条件下仅有很小的电阻变化,在应力释放后可迅速恢复其原有的形貌和电阻值,可用作理想的弹性导体材料。这种三维网络体材料的制备极大地拓展了石墨烯的物性和应用空间,为石墨烯在柔性导电、导热、热管理、电磁屏蔽、催化、传感、储能及生物等领域的应用奠定了基础。相关研究论文发表在 2011 年 6 月 *Nature Materials* [10: 424—428]上。

9 阐明冰期-间冰期印度夏季风变迁的动力学机制

作为地球气候系统中重要分量的印度夏季风环流,它以强烈的半球间水汽和热能传输为特征,它所携带的降水对包括我国西南在内的世界上近一半人口居住区的生存环境至关重要。现代印度夏季风已有较为深入的研究,但印度夏季风在冰期-间冰期尺度上如何变化、为什么变化却是一个亟待解决的科学难题,回答这一问题将有助于对印度夏季风变化机制以及我国乃至全球气候变化的深入理解。中国科学院地球环境研究所黄土与第四纪地质国家重点实验室安芷生研究组与中外合作者,运用中国大陆环境科学钻探工程在青藏高原东南缘鹤庆盆地获取的 666 m 湖泊沉积岩芯,利用古地磁、碳-14 测年和轨道调谐手段,重建了更新世(过去 260 万年)印度夏季风变迁的历史;并通过印度夏季风变迁时

(下转 119 页)

金评价的标准之一就是看提出的问题是否是原创性的,是评审专家必看的内容。管理人员在审核这部分内容时,要看科研人员是否列出了研究问题的创新性,如果提出的问题没有创新性,至少要有特色,即:有创新先说创新,没有创新的情况下再谈特色。另外,创新点和特色要逐条列出,但不宜过多,每项1—2条即可,否则,重点就不突出了。

7 其他

对一份申请书进行审核时,还需要对申请人的申请资格、所选学科代码、关键词、申请书排版格式、签名等进行审核,保证申请材料的真实性^[3],所选的学科代码是否达到4位或6位,关键词是否准确,申请书的排版格式是否统一、美观,签名是否有漏签或代签等情况等。以使每一份申请书有“耳目一新”的感觉,让评审专家第一眼看到申请书时,就产生一种要读下去的冲动。同行评议是针对申请书本身进行评审,而不是对申请人的实际学术水平进行评价,申

请书写得好,包括学术思想清晰、新颖,研究基础强,就有可能得到资助。否则,评审专家拿到一份申请书,有找不到重点和读不下去的感觉,项目很难得到资助。

科学基金的申请需要科研人员和管理人员共同配合,一个合格的科研管理人员,除了从以上方面对基金申请进行管理之外,还要熟悉学习一定的专业知识,做一个“非专业的科研人员”,不断提高自身的业务素质和管理水平,使科研管理工作真正做到为科学基金申请保驾护航,促进整个管理工作高效、科学的运行。

参 考 文 献

- [1] 王来贵,朱旺喜.申报国家自然科学基金项目要以科学问题为主线.中国科学基金,2006,20(1):39.
- [2] 国家自然科学基金委员会.国家自然科学基金“十二五”发展规划.
- [3] 陈越,方玉东.我国科研诚信现状浅析.中国科学基金,2011,25(4):200.

FINE MANAGEMENT OF THE APPLICATION OF NATIONAL NATURAL SCIENCE FOUNDATION OF CHINA —How to Improve the Application Quality of NSFC

Tu Xianhua Zhang Mingjin

(Wuhan Institute of Physics and Mathematics of Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430071)

(上接 81 页)

间序列的精细结构及其与全球记录对比的深入分析,建立了冰期-间冰期印度夏季风动力学理论。该研究显示,更新世中期印度夏季风变率加大,主要受控于北半球冰量变化;而更新世早期和晚期印度夏季风变率较小,可视为南北半球气候相互作用的结果;并发现在冰期时,印度夏季风开始增强的时间先于冰量最大值产生的时间是南半球气温变化通过马斯克林高压而产生的气压推动的结果。这指示南北半球冰量和气温通过控制跨赤道气压梯度变化,驱动了冰期-间冰期印度夏季风的变迁。相关研究成果以 Research Article 形式发表在 2011 年 8 月 5 日 *Science* [333:719—723] 上。*Science* 同期专题评论认为“(鹤庆)古湖沉积物的分析对印度季风动力学机制的传统观点提出了挑战”。*Nature China* 评论“这一印度夏季风的新观点对我们理解全球气候是重要的,同时也强调了全球变暖对季风变率的潜在影响。”该项成果是我国科学家领衔、联合中外科学家长期潜心研究、多学科集体攻关获得的原创性成果,也是中国大陆环境科学钻探工程研究的阶段性成果。

10 实现碳纳米管的高效光伏倍增效应

碳纳米管材料不但是理想的纳电子材料,而且还是直接带隙材料,有望对于下一代光伏技术产生重要的影响。半导体性的单壁碳纳米管(SWCNT)具有不同寻常的原子和电子结构,这个结构导致了碳纳米管不同寻常的光电特性。如其高效的载流子倍增效应已被预测并被观测到,接近 100% 吸收的 SWCNT 薄膜也已见报道。其他一些特性如其高迁移率以及可与电子和空穴进行有效欧姆接触等,对于光伏应用都非常重要。然而,由半导体型 SWCNT 产生的光伏电压一般低于 0.2 V,这对于许多实际光伏应用来说显得不够。北京大学电子学系纳米器件物理与化学教育部重点实验室彭练矛研究小组的研究表明,通过在碳纳米管上引入虚电极,可高效地实现光伏电压的倍增。利用该方法,研究人员在一根 10 微米的碳纳米管上引入 4 个虚电极即在原来只可产生 0.2 V 光电压的碳纳米管上产生了超过 1.0 V 的光电压。相关研究论文发表在 2011 年 11 月 *Nature Photonics* [5:672—676] 上。

(科技部基础研究管理中心 供稿)