

# 2011 年度中国重大科学、技术和工程进展

朱宇<sup>1</sup>, 苏青<sup>1,2</sup>, 陈广仁<sup>1</sup>, 代丽<sup>1</sup>

1. 《科技导报》编辑部, 北京 100081
2. 中国科学技术出版社, 北京 100081

**摘要** 《科技导报》2004 年始连续 8 年评选年度“中国重大科学、技术和工程进展”。本着分门别类、本刊推荐、专家遴选、宁缺毋滥、叙述事实的原则, 从《科技导报》等国内外重要学术期刊和科技新闻媒体刊载的重大国内科技新闻中, 按科学、技术和工程 3 个类别, 由《科技导报》编辑部遴选、推荐候选条目, 经《科技导报》编委等专家投票推选出 2011 年度中国重大科学、技术和工程进展 30 项。(1) 2011 年度中国重大科学进展 10 项: 强激光成功模拟太阳耀斑环顶 X 射线源和重联喷流, 冰期-间冰期印度夏季风变迁动力学机制, 碳纳米管高效光伏倍增效应, 用于氧还原和析出反应电催化剂的纳米晶尖晶石快速室温合成, CUEDC2 蛋白是乳腺癌内分泌激素治疗产生耐药性的关键因子, <sup>65</sup>As 等短寿命核质量的直接测量及其对快质子俘获过程新认识, 从头起源的人类编码蛋白基因, FeSe 超导体中节点和双重对称性的直接观测, 转入有限因子将小鼠成纤维细胞转化为功能性肝细胞样细胞, 西藏上新世披毛犀化石表明冰期动物可能最早起源于高原;(2) 2011 年度中国重大技术进展 10 项: 核能技术取得突破——铀利用率提升 60 倍, 超级杂交亩产超 900kg, “蛟龙号”完成 5000m 级载人下潜海试, 成功制备世界上最长的锕酸铋大单晶, 首台万米科学钻探钻机, 建成亚洲功能最强大的中高层大气激光雷达综合探测平台, 首创新型太阳能电池, 世界上首台百万伏高端断路器试验成功, 世界上首台太阳能热发电站仿真机诞生, 世界上首次实现光纤激光千瓦级相干合成输出;(3) 2011 年度中国重大工程进展 10 项: “天宫一号”与“神舟八号”成功交会对接, “歼-20”战斗机试飞成功, “北斗”导航系统试运行, “瓦良格”航母平台海试成功, “嫦娥二号”成功环绕拉格朗日 L2 点飞行, 中国建成世界上首座超导变电站, 世界最长跨海大桥——青岛胶州湾大桥通车, 世界综合最大规模水工隧洞群全面贯通, 全国规模最大的海上风电场建成, “子午工程”首枚探空火箭成功发射。

**关键词** 科学; 技术; 工程; 重大进展

**中图分类号** N1

**文献标识码** A

**doi** 10.3981/j.issn.1000-7857.2012.03.001

## Major Advances of Science, Technology and Engineering in China in 2011

ZHU Yu<sup>1</sup>, SU Qing<sup>1,2</sup>, CHEN Guangren<sup>1</sup>, DAI Li<sup>1</sup>

1. Editorial Department of Science and Technology Review, Beijing 100081, China
2. China Science and Technology Press, Beijing 100081, China

**Abstract** Based on the event every year for selecting the annual important advances about science, technology and engineering held by our publishing house, with the same principles of evaluating within each branch, putting quality before quantity, and giving facts in time order, 10 important scientific achievements, 10 important technological achievements and 10 important engineering achievements in China in 2011 were selected from a lot of scientific news in *Science and Technology Review*, other key academic journals and scientific newspapers. These achievements were introduced by the Editorial Department of *Science and Technology Review*.

**Keywords** science; technology; engineering; advance

收稿日期: 2012-01-15

作者简介: 朱宇(中国科协所属全国学会个人会员登记号: S090000002M), 副编审, 研究方向为科技编辑学, 电子信箱: zhuyu@cast.org.cn

## 0 引言

《科技导报》2004 年始连续 8 年遴选发布中国年度重大科学、技术与工程进展<sup>[1-9]</sup>,从《科技导报》等国内外重要学术期刊和科技新闻媒体所刊载的有关国内科技新闻中,对 2011 年中国重大科学、技术和工程进展进行盘点,在《科技导报》编辑部遴选、推荐 30 项重大科学进展、38 项重大技术进展和 24 项重大工程进展候选条目的基础上,最终由《科技导报》编委等专家投票推选出 2011 年度中国重大科学进展 10 项、重大技术进展 10 项、重大工程进展 10 项。

遴选 2011 中国重大科学、技术和工程进展时,遵循下述原则<sup>[1-9]</sup>:(1) 分门别类:各项进展分别按“科学”、“技术”和“工程”进行分类遴选;(2) 本刊推荐:《科技导报》编辑部从科技媒体正式报道的全年重大科学、技术和工程进展中,遴选、推荐 30 项重大科学进展、38 项重大技术进展和 24 项重大工程进展作为候选条目;(3) 专家遴选:将重大科学、技术和工程进展候选条目及其相关信息,通过电子邮件发送《科技导报》院士作者、全体编委和部分审稿专家投票遴选,各类进展得票最多的前 10 项候选条目被确定为 2011 年度中国重大科学、技术和工程进展;(4) 宁缺毋滥:遴选出的各项重大科学、技术和工程进展尽量能得到科技界比较广泛的认同;(5) 以得票多少为序:每项重大进展必须在 2011 年 1 月 1 日至 2011 年 12 月 31 日期间内报道、发表或公布,各项进展均按专家遴选得票的多少排序;(6) 叙述事实:遴选出的每项重大进展必须已经在公开出版的学术期刊、正规媒体上发表或由中国科技管理部门公开发布,并尽量采用叙述事实的方式描述。

## 1 2011 年度中国重大科学进展 (10 项)

### 1.1 强激光成功模拟太阳耀斑环顶 X 射线源和重联喷流

磁重联模型在天体物理中应用广泛,其中最为著名的是在太阳耀斑中观测到的环顶 X 射线源,但目前对这一现象的解释大多是定性的和唯象的,这与天文观测的局限性有直接关系。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/北京凝聚态物理国家实验室(筹)张杰研究组等,利用中国科学院上海光学精密机械研究所的神光 II 号装置,巧妙构造了激光等离子体磁重联拓扑结构,实验模拟了重要的天文现象——太阳耀斑中的环顶 X 射线源和重联喷,观测到与太阳耀斑环顶 X 射线源极为相似的实验结果(图 1)。通过磁流体标度变换理论分析,发现两个系统的各项物理参数惊人地相似。分析实验室重联区尺度特征发现,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则大于传统的理论值,这对理论探索磁重联电子耗散区尺度提出了挑战。相关研究论文发表在 2010 年 12 月出版的 *Nature Physics* 杂志<sup>[10]</sup>。

### 1.2 冰期-间冰期印度季风变迁动力学机制

作为地球气候系统中重要分量的印度季风环流,以强烈的半球间水汽和热能传输为特征,所携带的降水对包括中国西南地区在内的世界上近一半人口居住区的生存环境至

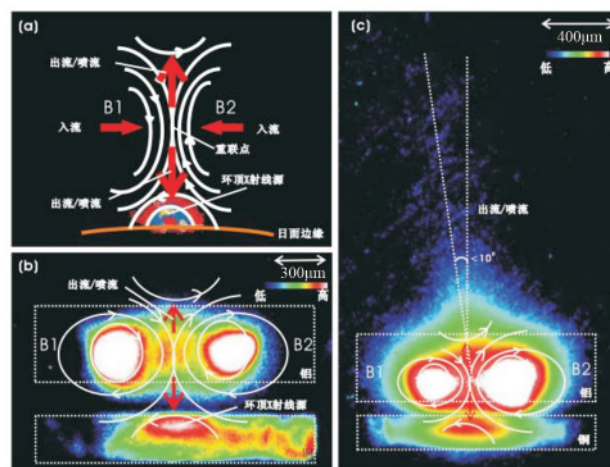


图 1 太阳耀斑中环顶 X 射线源的卡通图像 (a) 和实验室中由 X 射线针孔相机拍摄的环顶 X 射线源与重联喷流 (b、c)

关重要。有关现代印度夏季风研究已有许多成果,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。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等,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 666m 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;通过印度夏季风变迁时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。研究显示,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;而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。表明南北半球冰量和气温通过控制跨赤道气压梯度变化,驱动冰期-间冰期印度夏季风的变迁(图 2)。相关研究论文发表在 2011 年 8 月 5 日出版的 *Science* 杂志<sup>[11]</sup>。

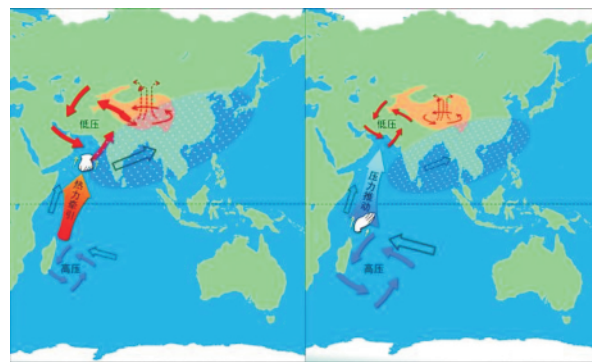


图 2 冰期-间冰期印度夏季风动力学示意

### 1.3 碳纳米管高效光伏倍增效应

碳纳米管是一种直接带隙材料,不仅可用于纳电子应用方面,而且对下一代光伏技术也将产生显著的影响。具有半导体性的单壁碳纳米管(SWCNT)具有非同寻常的能带结构,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 薄膜业已见报道。SWCNT 的其他特性,如高迁移率及可与电子和空穴进行有效欧姆接触等,对于光伏应用非常重要。然而,由半导体型 SWCNT 产生的光伏电压低于 0.2V 时,对于多数实际光伏应用来说显得非常之小。北京大学纳米器件物理与化学教育部重点实验室彭练矛研究组的研究显示,通过使碳纳米管虚拟接触,可以很容易地将碳纳米管产生的光伏电压放大。利用该方法,在一根 10 $\mu\text{m}$  碳纳米管上产生了超过 1.0V 的电压(图 3)。相关研究论文发表在 2011 年 11 月出版的 *Nature Photonics* 杂志<sup>[12]</sup>。

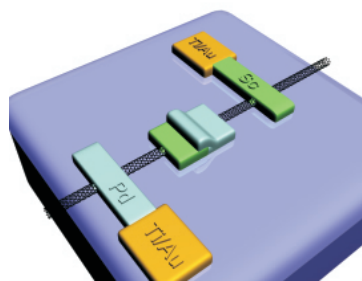


图 3 基于单根碳纳米管的光电二极管示意

#### 1.4 用于氧还原和析出反应电催化剂的纳米晶尖晶石快速室温合成

尖晶石是可用于氧还原反应和析出反应 (ORR/OER) 的低成本多功能催化剂,是多种电化学装置如金属-空气电池、燃料电池以及电解装置的关键。传统的陶瓷相尖晶石的合成不仅需要高的温度,且工序复杂、加热时间长,而产生的尖晶石常常仅呈现出有限的电催化活性。发展节能、方便、快捷合成高活性尖晶石的方法成为一项挑战。南开大学化学学院陈军研究组报道了一种在环境条件下合成纳米晶  $\text{M}_x\text{Mn}_{3-x}\text{O}_4$  (M 为 2 价金属) 尖晶石的方法,以及该尖晶石在电催化反应中的应用。研究显示,四方和立方晶系的  $\text{M}_x\text{Mn}_{3-x}\text{O}_4$  可以从非晶  $\text{MnO}_2$  的含  $\text{M}^{2+}$  的水溶液中快速并选择性合成,制备出的  $\text{M}_x\text{Mn}_{3-x}\text{O}_4$  纳米晶因有巨大的表面积和高缺陷而呈现出非常好的对 ORR/OER 反应的催化活性(图 4)。通过实验和第一原理计算研究,进一步解释了其晶相的依赖性催化活性。相关研究论文发表在 2011 年 1 月出版的 *Nature Chemistry* 杂志<sup>[13]</sup>。

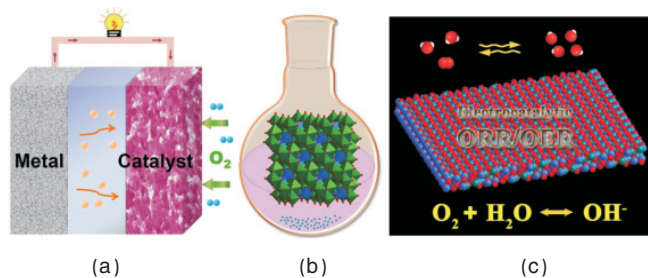


图 4 Co-Mn-O 尖晶石纳米晶可通过室温常压法制备(b),具有大比表面积和丰富缺陷,对氧还原和氧析出反应具有良好催化活性(c),与晶型、晶面有直接对应关系,可作为潜在的廉价双功能催化材料用于金属空气电池(a)、燃料电池等电化学能量储存与转化装置

#### 1.5 CUEDC2 蛋白是乳腺癌内分泌激素治疗产生耐药性的关键因子

耐药性问题是内分泌激素用于乳腺癌治疗的主要障碍。虽然雌激素受体(ER- $\alpha$ )是一个已知的有效降低激素耐药性的因子,但对 ER- $\alpha$  下调激素耐药性的机制尚不完全了解。军事医学科学院蛋白质组学国家重点实验室张学敏研究组、解放军总医院韦立新研究组等的合作研究显示,含有泛素结合序列的蛋白 CUEDC2 是导致乳腺癌内分泌激素耐药性的重要因子,CUEDC2 蛋白通过泛素-蛋白酶体途径调节 ER- $\alpha$  蛋白的稳定性。通过对大量乳腺癌患者的采样研究发现,CUEDC2 和 ER- $\alpha$  蛋白表达之间存在强烈的负相关性,体内 CUEDC2 蛋白表达高的肿瘤患者使用他莫西芬药物治疗效果很差,且具有高复发性(图 5)。进一步研究表明,异常表达的 CUEDC2 蛋白可破坏他莫西芬对乳腺癌细胞的治疗效果。该研究结果表明,CUEDC2 蛋白是乳腺癌内分泌激素治疗产生耐药性的关键因子。相关研究论文发表在 2011 年 6 月出版的 *Nature Medicine* 杂志<sup>[14]</sup>。

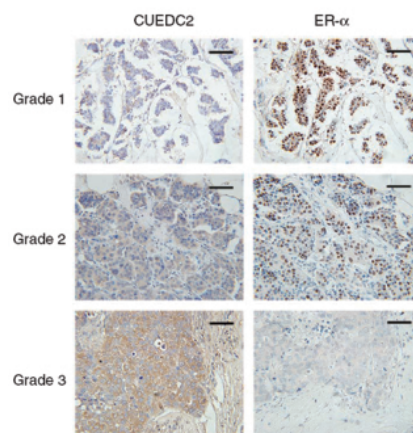


图 5 不同组织学分级下 ER- $\alpha$  和 CUEDC2 在同一肿瘤中两个连续切片的表达

#### 1.6 $^{65}\text{As}$ 等短寿命核质量的直接测量及其对快质子俘获过程新认识

宇宙中比铁更重的元素起源问题是 21 世纪科学家面临的重大科学问题之一。快质子俘获过程(rp 过程)是宇宙中产生重元素的主要核合成过程之一。为了准确模拟 rp 过程,需要精确测量一些关键短寿命核素的质量、寿命和核反应率等, $^{65}\text{As}$  正是处于 rp 过程核合成路径上的一个关键核素。中国科学院近代物理研究所徐珊珊研究组等利用兰州重离子冷却储存环(CSR),首次直接测定了  $^{65}\text{As}$  等 4 个短寿命原子核的精确质量。实验结果证明, $^{65}\text{As}$  是一个质子滴线核,它通过  $^{64}\text{Ge}$  俘获质子合成,其反应  $Q$  值为  $90(\pm 85)\text{keV}$ (图 6)。研究结果同时显示, $^{64}\text{Ge}$  并不是 rp 过程中的重要“等待点”核。研究结果还消除了长期以来 I 型 X 射线暴研究中关于核反应流、光度曲线以及核素丰度的不确定性。相关研究论文发表在 2011 年 3 月 18 日出版的 *Physical Review Letters* 杂志<sup>[15]</sup>。

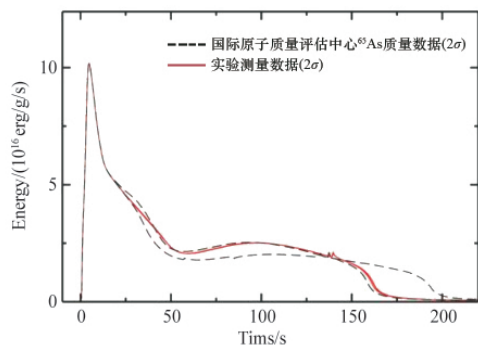


图6 预言的I型X射线曝光度曲线

### 1.7 从头起源的人类编码蛋白基因

新基因从非编码DNA中从头起源是新基因形成的一种重要机制,但此来源的新基因在基因组中非常罕见。中国科学院昆明动物研究所遗传资源与进化国家重点实验室张亚平研究组借助比较基因组学方法,在人类基因组中系统性地挖掘到60个人类与黑猩猩分离后特异的从头起源蛋白编码新基因(图7),远远超出之前的研究估计。转录组学与蛋白组学证据表明,这些基因是功能性基因,它们在大脑皮层和睾丸中表达量很高。这提示它们可能已经与其他基因发生相互作用,影响了人类一些适应性性状,例如人类大脑的快速进化、认知能力的获得等。这表明基因从头起源可能是促进生物适应性进化的重要机制之一。相关研究论文发表在2011年11月出版的*PLoS Genetics*杂志<sup>[16]</sup>。

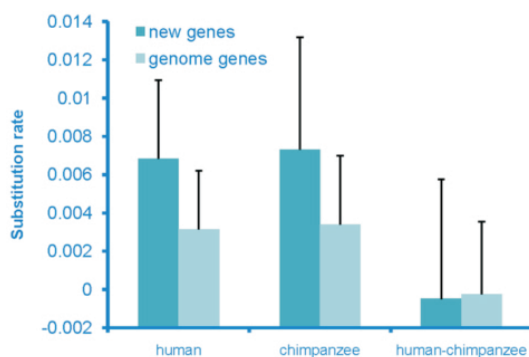


图7 从头起源基因的进化率

### 1.8 FeSe 超导体中节点和双重对称性的直接观测

清华大学物理系陈曦研究组、中国科学院物理研究所/北京凝聚态物理国家实验室(筹)马旭村研究组合作,制备出了原子级水平FeSe超导体薄膜,并利用扫描隧道显微镜和波谱仪研究了FeSe超导体中电子配对机制。通过对FeSe薄膜在极低温条件下扫描隧道谱的详细观测,证实了FeSe超导体电子配对函数中存在能隙零线(节点线),并通过对磁螺旋中心附近准粒子激发的直接成像证实FeSe超导体中的电子配对函数具有双重对称性(图8)。进一步的杂质态的空间分布和杂质散射实验结果也验证了该结论。这种各向异性可以通过

FeSe超导体中轨道依赖的电子结构重构解释。相关研究论文发表在2011年6月17日出版的*Science*杂志<sup>[17]</sup>。

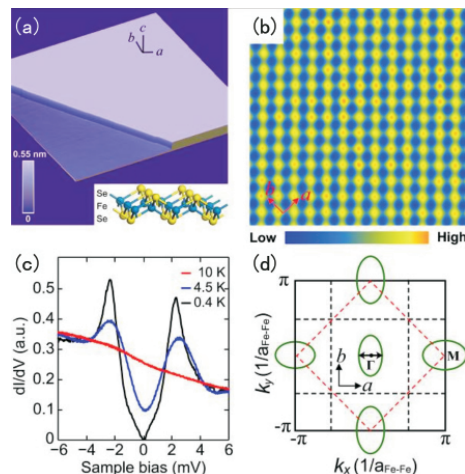


图8 FeSe 薄膜生长的STM特性

### 1.9 转入有限因子可将小鼠成纤维细胞转化为功能性肝细胞样细胞

不依赖于供体肝脏的功能性肝细胞的产生对于再生医学具有重要意义,而且可能治愈肝脏疾病。已有研究显示,可以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。过表达谱系特异性转录因子可以直接将分化终端细胞转化成其他谱系细胞,如神经细胞、心肌细胞和造血干细胞,但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组,通过转入Gata4、Hnf1 $\alpha$ 和Foxa3转录因子和灭活p19<sup>Arf</sup>转录因子,将小鼠尾巴的成纤维细胞直接转化为功能性肝脏细胞样细胞(iHep)(图9)。这种细胞具有与体内肝脏细胞类似的上皮细胞形态、基因表达谱,且获得了肝脏细胞的功能,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延胡索二酰乙酰-水解酶缺陷(Fah<sup>-/-</sup>)小鼠的肝脏时,可恢复肝脏功能并挽回将近50%的小鼠生命。该

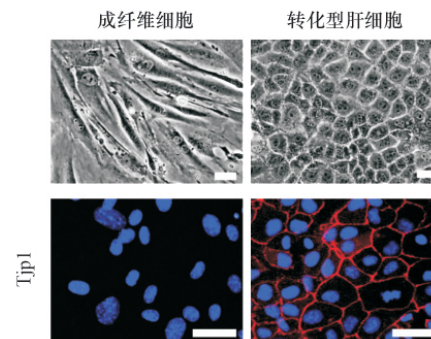


图9 成纤维细胞被诱导成为转化型肝细胞

研究结果为产生功能性肝脏细胞样细胞用于再生医学,以及研究肝脏疾病机制提供了新的策略。相关研究论文发表在 2011 年 7 月 21 日出版的 *Nature* 杂志<sup>[18]</sup>。

### 1.10 西藏上新世披毛犀化石表明冰期动物可能最早起源于高原

长期以来,冰期动物都被认为与更新世的全球变冷事件密切相关。它们的身体构造表现出一系列与寒冷环境相适应的特点,如体型大、毛长、不利积雪附着等,猛犸象和披毛犀是这类动物中最典型的代表。冰期动物身体结构的这些特征很可能是在与寒冷环境相适应的环境下演化发展而来的。中国科学院古脊椎动物与古人类研究所邓涛和王晓鸣等报道了在喜马拉雅西部高纬度盆地中发现上新世的披毛犀动物的骨骼,并进行了披毛犀动物复原。这些新发现的化石表明,披毛犀最早起源于西藏,那里寒冷的冬季为它们提供了适宜的生存环境。冰期期间,西藏披毛犀带着对寒冷的适应能力走出西藏,成功地扩展到欧亚大陆北部的干冷草原地带(图 10)。相关研究论文发表在 2011 年 9 月 2 日出版的 *Science* 杂志<sup>[19]</sup>。



图 10 披毛犀的起源、迁徙和分布

## 2 2011 年度中国重大技术进展 (10 项)

### 2.1 核能技术取得突破——铀利用率提升 60 倍

中国核工业集团公司研究人员经过 24 年的研究,经过反复实验,在核研究上取得重大技术突破:突破了全套技术体系,研发了动力堆/乏燃料/后处理技术,实现了核动力堆中燃烧后的核燃料的铀、钚材料回收。如果能将钚在动力堆上实现循环利用,将意味着在现有核电规模下,中国已经探明的铀资源从大约只能使用 50—70 年,变成了足够能用上 3000 年,将使得中国成为世界上极少数几个能够形成核燃料循环利用的国家(图 11)。

核电站发电,是通过核燃料在核反应堆中发生裂变反应,放出能量。在当今核电技术条件下,核燃料一般燃烧 3%—4%就不能维持额定功率。快中子反应堆属于全球第四代核能系统技术的应用,与目前运行及正在建设的第二、三代核电站相比,形成的核燃料闭合式循环可使铀资源的利用率提高至 60%以上(现有核电站只有 1%,也就是提升了 60 倍)<sup>[20]</sup>。

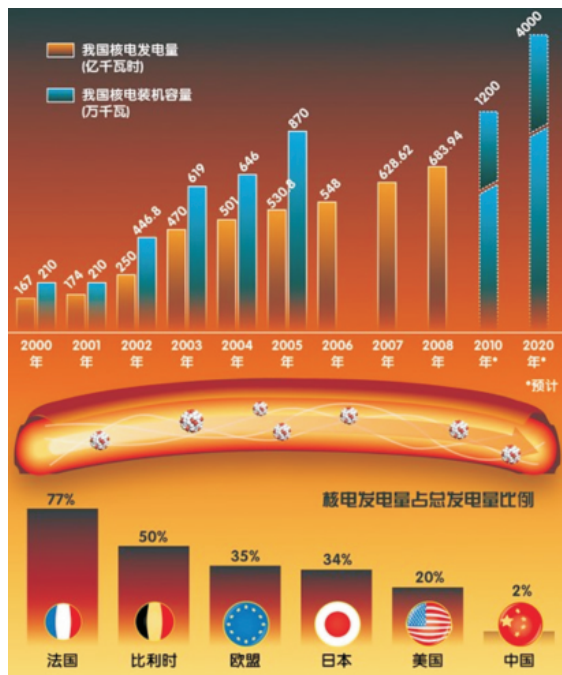


图 11 世界主要核电使用国核电发电量比例 (图片来源:南方周末)

### 2.2 超级杂交稻亩产超 900kg

2011 年 9 月 19 日,中国国家杂交水稻工作技术中心及湖南杂交水稻研究中心袁隆平科研团队培育的超级杂交稻“Y 两优二号”百亩试验田创下平均亩产 926.6kg 佳绩,再创中国水稻大面积亩产的最高纪录,这也是世界杂交水稻史上迄今尚无人登临的一个新高峰。此次亩产突破 900kg,良种是核心,良法是手段,良田是基础,三者缺一不可。在良法上,除了栽培技术、水肥管理、病虫害防治,还使用了专门的超级稻专用肥,发挥了很大的作用。但是,该品种水稻目前还只能在得到验收的湖南境内推广,由于中国水土、气候差异较大,大面积推广还有相当的难度<sup>[21]</sup>(图 12)。



图 12 袁隆平在广西田间地头推广水稻良种 (图片来源:新浪网)

### 2.3 “蛟龙号”完成 5000m 级载人下潜海试

2011 年 8 月 18 日,“蛟龙号”深潜器母船——“向阳红 09”船顺利返回江苏江阴苏南国际码头,标志着“蛟龙号”载人深潜器 5000m 级海试任务圆满结束(图 13)。该海试科研任

务自 2011 年 7 月 1 日始,历时 49 天,航程 1 万余海里,来自 13 家单位的 96 名科研人员参加,分别在 3 个实验海区进行了 5 次下潜作业,共有 8 人完成 15 人·次下潜,下潜深度分别为 4027、5057、5188、5184 和 5180m,获得了大量的视像资料和近底微地形地貌测量数据,检验了潜水器在大深度环境下的各项功能指标与作业性能。“蛟龙号”5000m 级海试任务的完成,标志着中国已经具备到达全球 70% 以上海洋深处进行作业的能力,是中国海洋科技发展史上一座新的里程碑<sup>[22-23]</sup>。



图 13 “向阳红 09”试验母船上的载人潜水器“蛟龙号”(图片来源:中国新闻社阮煜琳)

#### 2.4 成功制备世界上最长的锆酸铋大单晶

2011 年 12 月 9 日,中国科学院上海硅酸盐研究所中试生产一线成功制备出长达 600mm 的锆酸铋(BGO)大单晶(图 14)。这是迄今为止国际上公开报道的最长的 BGO 单晶。之前,俄罗斯无机化学研究所曾报道的最长的 BGO 单晶为 400mm。作为国际无机闪烁晶体研究领域的领跑者,通过 10 余年不懈努力,上海硅酸盐研究所先后突破了正电子断层扫描仪用高质量大尺寸 BGO 晶体的批量生产技术,3in 和 4in 高质量大单晶、截面为 120mm×60mm 大单晶和长达 350—400mm 单晶生长技术,生长的 BGO 晶体在尺寸和质量方面已经赶上国际竞争对手的晶体,具备较强的国际竞争力<sup>[24]</sup>。

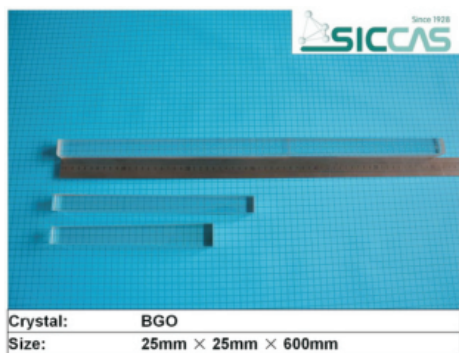


图 14 600mm BGO 大单晶  
(图片来源:中国科学院网站)

#### 2.5 首台万米科学钻探钻机问世

2011 年 12 月 20 日,由吉林大学设计、宏华集团公司生产制造的中国首台 10000m 超深科学钻探装备在成都竣工出厂(图 15)。这标志着中国大陆科学钻探事业取得了长足的进步,深部探测技术与实验研究专项取得了又一里程碑式进展。科学钻探是获取地球深部物质、了解地球内部信息最直接、最有效、最可靠的方法,是地球科学发展不可缺少的重要

支撑,也是解决人类社会面临资源、能源、环境等重大问题不可缺少的重要技术手段。此前中国的科学钻探纪录是 5158m,世界上科学钻探超过 8000m 的超深孔科学钻探只有苏联的 12000m 科拉超深孔和德国的 KTB 孔。研制的这套钻机装备高达 60m、重达 1000t、占地约 10000m<sup>2</sup>,中国科学家将借此联合国国际大陆科学钻探计划(ICDP)实施松辽盆地科学钻探 2 井(简称“松科 2 井”)工程,计划钻进 6600m,与已完成的“松科 1 井”一道,构成全球首个近乎完整的白垩系陆相沉积记录,以期获得白垩纪时期亚洲东部高分辨率气候环境变化记录,进而为预测未来全球时间尺度气候变化趋势提供科学依据<sup>[25]</sup>。



图 15 10000m 超深科学钻探机  
(图片来源:中国科学院网站)

#### 2.6 建成亚洲功能最强大的中高层大气激光雷达综合探测平台

武汉大学易帆团队经过 10 余年艰苦努力,研制出当今世界上探测精度最高(功率孔径积最大)的铁共振荧光激光雷达和铁 Boltzmann 测温激光雷达,以及 6 通道 Raman/Mie/Rayleigh 偏振激光雷达等 7 台大型激光雷达(图 16),在世界上首次实现了 80—100km 中层顶区域铁、钠和钙原子的共体积高精度同时观测,发现了全新普适的观测现象,改变了过



图 16 拉曼激光和钠荧光激光雷达发射单元  
(图片来源:武汉大气遥感国家野外科学观测研究站)

去对中层顶金属层的认识;在国际上第二次完成了从近地面至 100km 大气温度剖面的同步遥感测量,实现了大气气溶胶、水汽和云等参量的激光雷达探测;建立了系列中高层大气波动传播的全非线性数值模式,率先进行了大气重力波非线性共振和非共振相互作用的研究,研究成果得到国际同行的高度认可<sup>[26]</sup>。

## 2.7 首创新型太阳能电池

2011 年,厦门大学物理与机电工程学院康俊勇课题组研发成功一种新型太阳能电池——将氧化锌和硒化锌两种宽带隙半导体材料用作太阳能电池,极大地稳定了太阳能电池的性能,延长了其寿命(图 17)。宽带隙半导体一般是指室温下带隙大于 2.0eV 的半导体材料。通常,半导体材料的带隙越宽,其物理化学性质就越稳定,抗辐射性能就越好,寿命也越长,但对太阳光的吸收通常也较少,光电转换效率也低;因此,宽带隙半导体材料通常仅用作太阳能电池中的电极,而不用作发电的关键结构。康俊勇课题组的成果在国际上首次实现宽带隙半导体在太阳能电池中的应用。英国皇家化学学会会刊 *Journal of Materials Chemistry* 发表了这一成果<sup>[27]</sup>,在国际上引起广泛关注。



图 17 新型太阳能电池(图片来源:世界工厂网)

## 2.8 世界上首台百万伏高端断路器试验成功

特高压串补技术是保证特高压电网安全、稳定、优化运行的有效技术手段,通过在特高压电网中安装特高压串补装置,可以显著提高电网的输送能力,增强系统稳定性,改善运行电压和沿线路的电压分布,实现资源在更大范围内的优化配置。百万伏双断口断路器是中国电工行业的高端技术,主要运用于特高压串补工程(图 18)。2011 年,国家电网中电装



图 18 百万伏高端断路器(图片来源:《电气产业》杨杰冬)

备平高集团研发成功在后续特高压电网系统短路电流 63kA 甚至更高条件下,百万伏双断口断路器。此项试验成功对中国特高压未来的发展和建设具有里程碑意义,填补了该领域的国际研究空白<sup>[28]</sup>。

## 2.9 世界上首台太阳能热发电站仿真机诞生

2011 年,中国科学院电工研究所太阳能热发电实验室成功研制出世界上首台太阳能热发电站仿真机(图 19)。该仿真机于 2006 年开始立项,历经 5 年时间,先后完成了工质物性计算子程序库、太阳能热发电特有设备模型算法库、专用软件、设备模型图元设计,以及系统模型搭建等方面工作,可对太阳能热发电站运行进行全过程仿真<sup>[29]</sup>。



图 19 太阳能热发电站仿真系统

(图片来源:《科学时报》王志峰)

## 2.10 世界上首次实现光纤激光千瓦级相干合成输出

光纤激光相干合成是获得高能激光的一种重要手段,也是当前世界激光领域的一个研究热点,但由于系统复杂,研制难度很大,该领域鲜有大输出功率成果。2011 年,国防科技大学研制成功中国首台千瓦级光纤激光相干合成试验系统,系统输出总功率达 1500W,此前国际上此类系统的最大输出功率仅 725W。该系统是国际上首次实现光纤激光千瓦级相干合成输出,具有输出功率大、光束质量高、散热效果好、系统成本低等特点,综合性能达到国际先进水平,在相干合成输出功率、宽带和多波长激光相干合成技术等方面处国际领先地位。刘泽金课题组发明了基于随机并行梯度下降、单频抖动等两种光纤激光相干合成相位控制方法,建立了描述相干合成阵列激光的传输通用模型和传输方程,提出了相干合成光束质量评价指标,掌握了一系列拥有自主知识产权的核心关键技术<sup>[30]</sup>。

## 3 2011 年度中国重大工程进展(10 项)

### 3.1 “天宫一号”与“神舟八号”成功交会对接

2011 年 11 月 3 日 01:36,中国首个目标飞行器“天宫一号”与“神舟八号”在太空成功实现首次交会对接。交会对接分远距离导引、自主控制、对接 3 个阶段,对接主要包括接触、捕获、缓冲与校正、拉回、锁紧 5 个过程(图 20)。对接机构完成锁紧后,“天宫一号”姿态启控,建立起组合体飞行模式并开始运行,同时开展一系列相关的科学试验。11 月 14 日

20:00,“天宫一号”与“神舟八号”成功进行第2次交会对接,进一步考核检验了交会对接测量设备和对接机构的功能与性能。之后,“天宫一号”变轨至高度约370km的运行轨道,转入长期运营模式,2012年将与“神舟九号”、“神舟十号”飞船进行交会对接。“天宫一号”与“神舟八号”交会对接任务完成,标志着中国成为继美国、俄罗斯之后世界上第三个掌握完整的太空对接技术的国家,表明中国空间交会对接技术取得重大突破,为中国下一步建造空间站、开展大规模空间应用奠定了良好基础<sup>[31-34]</sup>。

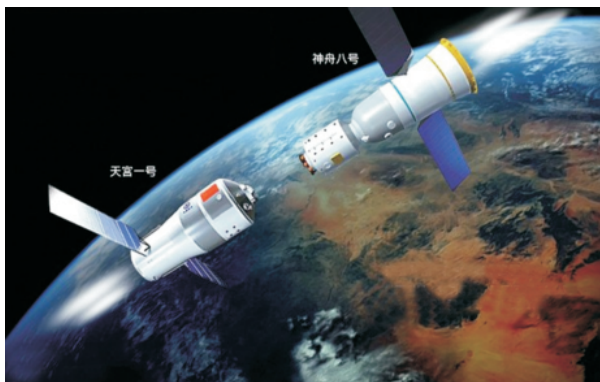


图20 “天宫一号”与“神舟八号”对接示意图

(图片来源:麦思颖)

### 3.2 “歼-20”战斗机试飞成功

2011年1月11日,中国新一代隐身战机“歼20”在成都飞机制造厂成功首飞(图21)。“歼20”是一款大型战机,长度约19.8m,高约5m,重约17600kg,巡行速度2100km/h,可安装空对空、空对地导弹等不同的电子设备和武器组件,执行远程/持续拦截任务、远程空战和护航任务、战区攻击任务、远程战区监视任务、电子攻击任务、反卫星武器发射平台等一系列战略性任务<sup>[35]</sup>。



图21 中国新一代隐身战机“歼20”(图片来源:青年时报)

### 3.3 “北斗”导航系统试运行

2011年12月2日,中国在西昌卫星发射中心用长征三号甲运载火箭成功将第10颗“北斗”导航卫星送入太空预定

转移轨道。12月27日,“北斗”卫星导航系统开始向中国及周边地区提供连续的导航定位和授时服务,系统试运行服务期间,主要性能服务区为84°E—160°E,55°S—55°N之间的大部分区域;位置精度可达平面25m、高程30m,测速精度达到0.4m/s,授时精度达50ns。“北斗”卫星导航系统是中国自主建设、独立运行,并与世界其他卫星导航系统兼容共用的全球卫星导航系统(图22),可在全球范围内全天候、全天时为各类用户提供高精度、高可靠的定位、导航、授时服务,并兼具短报文通信能力<sup>[36-37]</sup>。



图22 “北斗”卫星导航系统网络模型

(图片来源:中国新闻网)

### 3.4 “瓦良格”航母平台海试成功

2011年8月10日,中国首艘航母平台“瓦良格”号在黄海北部辽东湾进行航海试验;8月14日凯旋大连造船厂;11月29日至12月11日,进行第二次出海试验;12月21日至12月29日,航母平台第三次海试(图23)。航母平台前期开展的海上试验已达到预期效果,海上后续科研试验将陆续展开。“瓦良格”号是一艘常规动力航母,由苏联在20世纪80年代开始建造,船身长300m,满载排水量67000t;1998年被中国公司购买,2002年3月抵达大连港,2005年4月进入船坞整修。在对“瓦良格”号航母平台进行改造时,其主要系统装备都是由中国自主研发和改装的<sup>[38-40]</sup>。



图23 航母平台第3次海试归来

(图片来源:中国新闻网)

### 3.5 “嫦娥二号”成功环绕拉格朗日 L2 点飞行

2011年8月25日23:27,经过77天的飞行,中国第二颗月球探测卫星“嫦娥二号”在世界上首次实现从月球轨道出发,受控准确进入距离地球约150万km的太阳与地球引力平衡点——拉格朗日L2点的环绕轨道(图24)。9月21日,“嫦娥二号”成功从172万km外深空传回太阳风离子探测器、太阳高能粒子探测器、 $\gamma$ 射线谱仪等3种有效载荷开机所获取的空间环境探测数据。“嫦娥二号”拓展试验的成功实施,创造了中国航天乃至国际航天的多个“第一”:是国际上第一次从月球轨道出发探测拉格朗日点的航天活动;第一次实现中国对月球以远的太空进行探测;中国第一次开展拉格朗日点转移轨道和使命轨道的设计和控,并实现150万km远距离测控通信。“嫦娥二号”成功环绕L2点飞行,标志着中国月球和深空探测领域的创新能力取得新突破<sup>[41-42]</sup>。

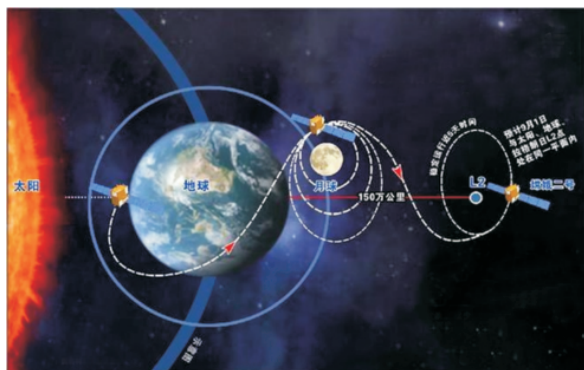


图24 “嫦娥二号”成功环绕拉格朗日L2点飞行  
(图片来源:新华社王永卓,曲振东)

### 3.6 中国建成世界上首座超导变电站

2011年4月19日,中国科学院电工研究所研制的超导变电站在甘肃白银市投入电网运行。这是世界上首座超导变电站(图25),标志着中国在国际上率先实现完整超导变电站系统的运行。该变电站的运行电压等级为10.5kV,集成了超导储能系统、超导限流器、超导变压器和三相交流高温超导电缆等多种新型超导电力装置,可大幅改善电网安全性和供电质量,有效降低系统损耗,减少占地面积,在核心、关键技术获得了近70项完全自主知识产权。这座超导变电站采



图25 世界首座超导变电站(图片来源:科学网)

用的4项超导技术中,超导储能系统是目前世界上并网运行的第1套高温超导储能系统;超导限流器是中国第1台、世界第4台并网运行的高温超导限流器;超导变压器是中国第1台、世界第2台并网运行的高温超导变压器,是目前世界上最大的非晶合金变压器;三相交流高温超导电缆是世界上并网示范的最长的三相交流高温超导电缆<sup>[43]</sup>。

### 3.7 世界最长跨海大桥——青岛胶州湾大桥通车

2011年6月30日,世界第一跨海长桥——青岛胶州湾跨海大桥正式通车(图26)。大桥全长41.58km,连接青岛、黄岛两地,是青岛至兰州高速公路青岛段起点,为双向六车道高速公路,设计车速80km/h,桥梁宽度35m,设计基准期100年。青岛胶州湾大桥是中国北方冰冻海域首座特大型桥梁集群工程,世界首创水下无封地混凝土套箱关键技术,解决了水下施工的世界极难题;采用开发改进的大直径悬挖钻机施工,最大钻孔直径达2.5m,最大孔深达80.7m,钻孔直径和钻孔深度为国内海上桥梁之最;全桥海上钻孔灌注钢数量高达5127颗,位居世界第一;实现海工高性能混凝土超长距离奔送,达到900m;重达2050t的60m预制箱梁周边高度达58m,为国内同类预制箱梁安装的最大高度<sup>[44-45]</sup>。



图26 胶州湾大桥红岛互通立交(图片来源:新华社李紫恒)

### 3.8 世界上综合规模最大的水工隧洞群全面贯通

2011年12月8日,国家西部大开发标志性工程——“西电东送”战略骨干电源点雅砻江锦屏二级水电站4号引水隧洞实现全线贯通(图27)。至此,锦屏二级水电站4条横穿锦



图27 雅砻江锦屏二级水电站4号引水隧洞  
(图片来源:四川水利发电网)

屏山的4条引水隧洞、1条排水洞、2条交通洞,总长达近120km的世界上综合规模最大的水工隧洞群全面贯通。锦屏二级水电站位于四川省凉山彝族自治州木里、盐源、冕宁三县交界处的雅砻江干流锦屏大河湾上,总装机容量480万kW,是雅砻江上水头最高、装机规模最大的巨型水电站,也是四川省境内跨界河外最大的水电站,建设中克服了强涌水、强岩爆,超长隧道掘进、排烟、排水、运输等重大施工难题<sup>[46]</sup>。

### 3.9 全国规模最大的海上风电场建成

2011年12月28日,国电龙源电气有限公司在江苏如东县建成150MW海上(潮间带)示范风电场一期工程并正式投产发电(图28),标志着中国已建成全国规模最大的海上风电场,总计装机容量达到131.3MW。与欧洲相比,中国海上风电建设刚刚起步,尚处于产业发展初期,但中国发展海上风电有着非常有利的条件:中国海上可开发风能资源约7.5亿kW,是陆上风能资源的3倍。如东海上(潮间带)示范风电场的建成,使中国海上风电场建设的技术达到了欧洲先进水平,同时把海上风电的安装成本降到了1.6万元/千瓦,仅为欧洲的60%左右<sup>[47]</sup>。



图28 江苏如东示范风电场(图片来源:中国新能源发电网)

### 3.10 “子午工程”首枚探空火箭成功发射

2011年5月7日,东半球空间环境地基综合监测子午链(简称“子午工程”)首枚探空火箭在海南成功发射<sup>[48]</sup>。“子午工程”是国家重大科技基础设施项目,于2008年1月5日开工,是中国“十一五”中期投资建设的一个能够在地面持续运行的、综合性的、跨区域的大型空间环境观测网络(图29)。该工程将沿东经120°子午线附近,利用北起漠河经北京、武汉,南至海南并延伸到南极中山站,以及东起上海经武汉、成都,西至拉萨的沿北纬30°纬度线附近现有的15个地基空间环境监测站,建成一个以链为主、链网结合的,运用地磁(电)、无线电、光学和探空火箭等多种手段,连续监测地球表面、20—30km以上到几百千米的中高层大气、电离层和磁层,以及十几个地球半径以外的行星际空间环境中的地磁场、电场、中高层大气的风场、密度、温度和成分,电离层、磁层和行星际空间中的有关参数,联合运作的大型空间环境地基监测系统。工程建设期3年,将建成空间环境监测、数据与通信、研究与预报三大系统<sup>[49]</sup>。

2011年9月20日至10月20日,“子午工程”11家共建单位联合三大系统,利用分布在中国区域东经120°和北纬30°附近的21种、70余台监测设备开展联合测试。测试期间,设备汇交科学数据文件18.7万个;数据中心收集科学数据文件191万个,共计448.31GB;标准化加工产出数据文件1576个,总计58.02GB;可视化加工产出数据文件1.5万个,总计1.19GB。联合测试中,从监测地域范围覆盖、空间圈层到参数均满足要求,检验了“子午工程”对空间环境综合监测能力和系统间的协同工作能力<sup>[50]</sup>。

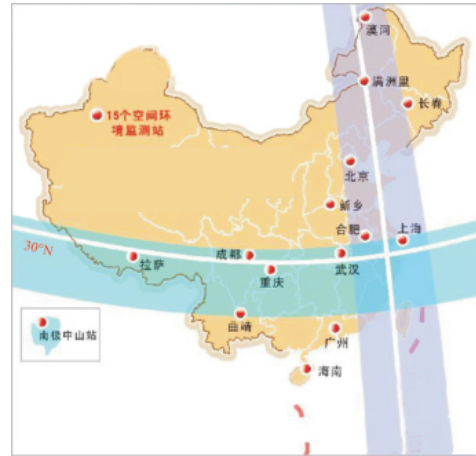


图29 “子午工程”观测网络示意  
(图片来源:新华网)

### 参考文献 (References)

- [1] 本刊编辑部. 2003年中国重大科学、技术与工程进展 [J]. 科技导报, 2004, 22(3): 59-61.
- [2] 本刊编辑部. 2004年中国重大科学、技术与工程进展 [J]. 科技导报, 2005, 23(2): 58-62.
- [3] 苏青. 2005年中国重大科学、技术与工程进展[J]. 科技导报, 2006, 24(1): 5-10.
- [4] 苏青. 2006年中国重大科学进展[J]. 科技导报, 2007, 25(1): 5-10.
- [5] 苏青. 2006年中国重大技术与工程进展[J]. 科技导报, 2007, 25(2): 5-13.
- [6] 苏青. 2007年中国重大科学、技术与工程进展[J]. 科技导报, 2008, 26(1): 19-27.
- [7] 苏青, 代丽, 岳臣. 2008年中国重大科学、技术与工程进展[J]. 科技导报, 2009, 27(1): 19-29.
- [8] 苏青, 朱宇, 代丽, 等. 2009年中国重大科学、技术与工程进展[J]. 科技导报, 2010, 28(1): 19-29.
- [9] 苏青, 朱宇, 陈广仁, 等. 2010年中国重大科学、技术和工程进展[J]. 科技导报, 2011, 29(3): 19-29.
- [10] Zhong J, Li Y, Wang X, et al. Modelling loop-top X-ray source and reconnection outflows in solar flares with intense lasers[J]. *Nature Physics*, 2010, 6: 984-987.
- [11] An Z S, Steven C C, Ji S, et al. Glacial-Interglacial indian summer monsoon dynamics[J]. *Science*, 2011, 333(6043): 719-723.
- [12] Yang L J, Wang S, Zeng Q S, et al. Efficient photovoltage multiplication in carbon nanotubes[J]. *Nature Photonics*, 2011, 5(11): 672-676.
- [13] Cheng F Y, Shen J, Peng B, et al. Rapid room-temperature synthesis of nanocrystalline spinels as oxygen reduction and evolution electrocatalysts[J]. *Nature Chemistry*, 2011, 3(11): 780-785.

- lysts[J]. *Nature Chemistry*, 2011, 3(1): 79–84.
- [14] Pan X, Zhou T, Tai Y H, *et al.* Elevated expression of CUEDC2 protein confers endocrine resistance in breast cancer[J]. *Nature Medicine*, 2011, 17(6): 708–714.
- [15] Tu X L, Xu H S, Wang M, *et al.* Direct mass measurements of short-lived  $A=2Z-1$  nuclides  $^{66}\text{Ge}$ ,  $^{65}\text{As}$ ,  $^{67}\text{Se}$ , and  $^{71}\text{Kr}$  and their impact on nucleosynthesis in the rp process [J]. *Physical Review Letters*, 2011, 106: 112501.
- [16] Wu D D, Irwin D M, Zhang Y P. De novo origin of human protein coding genes[J]. *PLoS Genetics*, 2011, 7(11): e1002379.
- [17] Song C L, Wang Y L, Cheng P, *et al.* Direct observation of nodes and twofold symmetry in FeSe superconductor [J]. *Science*, 2011, 332(6036): 1410–1413.
- [18] Huang P, He Z, Ji S, *et al.* Induction of functional hepatocyte-like cells from mouse fibroblasts by defined factors [J]. *Nature*, 2011, 475(7356): 386–389.
- [19] Deng T, Wang X M, Fortelius M, *et al.* Out of Tibet: Pliocene woolly rhino suggests high-plateau origin of Ice Age Megaherbivores [J]. *Science*, 2011, 333(6047): 1285–1288.
- [20] 中国核研究取得重大突破: 乏燃料回收 铀利用率提升 60 倍[NOL]. 中国网络电视台 (中国新闻), 2011-01-03, <http://news.cntv.cn/china/20110103/101153.shtml>.
- [21] 刘春瑞. 袁隆平谈超级稻亩产破九百公斤 称无转基因技术[N]. 新京报, 2011-09-20.
- [22] 阮煜琳. 中国载人潜水器蛟龙号启航 冲击 5000 米深度 [EB/OL]. 中国新闻网, 2011-07-02, <http://www.chinanews.com/gn/2011/07-01/3151002.shtml>.
- [23] 苏万明. “蛟龙号”的背后故事: 试验母船已 33 岁功勋卓著[EB/OL]. 新华网, 2011-08-23, [http://news.xinhuanet.com/politics/2011-08/23/c\\_121900319.htm](http://news.xinhuanet.com/politics/2011-08/23/c_121900319.htm).
- [24] 黄辛. 世界最长镱酸铯大单晶在沪问世[N]. 科学时报, 2011-12-09(A2).
- [25] 李晓明. 我国首台万米科学钻探钻机问世[N]. 科学时报, 2011-12-21(A2).
- [26] 张双虎. 中高层大气激光雷达观测与研究: 追风掣电识大气[N]. 科学时报, 2011-11-28(A4).
- [27] Wu Z, Zhang Y, Zheng J, *et al.* An all-inorganic type-II heterojunction array with nearly full solar spectral response based on ZnO/ZnSe core/shell nanowires[J]. *Journal of Materials Chemistry*, 2011, 21(16): 6020–6026, doi: 10.1039/C0JM03971C.
- [28] 填补国际空白: 平高攻克百万伏高端断路器技术难题[EB/OL]. 2011-05-12, 国家电网中电装备平高集团有限公司网, [www.pinggaogroup.com/\\_d271407390.htm](http://www.pinggaogroup.com/_d271407390.htm).
- [29] 易蓉蓉, 王志峰. 世界首台太阳能热发电站仿真机诞生 [N]. 科学时报, 2011-01-07 A1.
- [30] 王握文, 杨彦青, 唐先武. 我国在国际上首次实现光纤激光千瓦级相干合成输出[N]. 科技日报, 2011-06-15.
- [31] 潘希. 神八与天宫一号实现首次交会对接 [N]. 科学时报, 2011-11-03.
- [32] 吴戈, 马晓旭. 天宫一号, 太空“中国屋”第一块基石[N]. 南方周末, 2011-09-02.
- [33] 田兆运, 赵薇. 天宫一号与神舟八号第二次交会对接试验获得成功 [EB/OL]. 新华网, 2011-11-14, [http://news.xinhuanet.com/politics/2011-11/14/c\\_111166672.htm](http://news.xinhuanet.com/politics/2011-11/14/c_111166672.htm).
- [34] 付毅飞. 天宫一号目标飞行器将转入长期运营模式 [N]. 科技日报, 2011-11-19.
- [35] 中国歼 20 可执行战略任务能发射反卫星武器 [EB/OL]. 东方网, 2011-01-11, <http://mil.eastday.com/m/20110111/u1a5659833.html>.
- [36] 刘金阳. 我国北斗卫星导航系统今日起试运行 [EB/OL]. 中国网, 2011-12-27, [http://www.china.com.cn/news/2011-12/27/content\\_24258799.htm](http://www.china.com.cn/news/2011-12/27/content_24258799.htm).
- [37] 北斗卫星导航系统今天起正式提供试运行服务[EB/OL]. 中国新闻网, 2011-12-27, [http://news.china.com.cn/rollnews/2011-12/27/content\\_11976729.htm](http://news.china.com.cn/rollnews/2011-12/27/content_11976729.htm).
- [38] 我国航母平台完成首次海试返回码头[N]. 法制晚报, 2011-08-14.
- [39] 中国航母第三次海试归来 指挥塔挂五星红旗 [EB/OL]. 中国新闻网, 2011-12-30, [http://www.china.com.cn/military/txt/2011-12/30/content\\_24291704.htm](http://www.china.com.cn/military/txt/2011-12/30/content_24291704.htm).
- [40] 2011 中国航母之路: 三次试航引发世界高度关注 [EB/OL]. 人民网, 2011-12-30, [http://www.china.com.cn/military/txt/2011-12/30/content\\_24292104.htm](http://www.china.com.cn/military/txt/2011-12/30/content_24292104.htm).
- [41] 孙自法. “嫦娥二号”肩负两目标奔向距地球 150 万公里深空[EB/OL]. 中国新闻网, 2011-06-09, <http://www.chinanews.com/gn/2011/06-09/3101401.shtml>.
- [42] 蔡金曼. 嫦娥二号成功环绕拉格朗日 L2 点飞行 [N]. 中国青年报, 2011-08-31.
- [43] 连振祥. 首座超导变电站建成运行为中国新能源并网探路[EB/OL]. 新华网, 2011-04-26, [http://news.xinhuanet.com/politics/2011-04/26/c\\_121350907.htm](http://news.xinhuanet.com/politics/2011-04/26/c_121350907.htm).
- [44] 青岛胶州湾大桥今日正式通车 为世界最长跨海大桥 [EB/OL]. 新华网, 2011-06-30, [http://news.xinhuanet.com/2011-06/30/c\\_121604924.htm](http://news.xinhuanet.com/2011-06/30/c_121604924.htm).
- [45] 世界最长跨海大桥青岛胶州湾大桥正式通车 [EB/OL]. 中国广播网, 2011-06-30, <http://news.china.com/domestic/945/20110630/16623572.html>.
- [46] 国家开发投资公司. 世界综合最大规模水工隧洞群全面贯通. [www.chinaequip.gov.cn](http://www.chinaequip.gov.cn), 2011-12-20, [http://www.chinaequip.gov.cn/2011-12/20/c\\_131317174.htm](http://www.chinaequip.gov.cn/2011-12/20/c_131317174.htm).
- [47] 全国最大规模海上风电场建成或带来 800 亿元市场 [EB/OL]. [www.chinaequip.gov.cn](http://www.chinaequip.gov.cn), 2011-12-29, [http://www.chinaequip.gov.cn/2011-12/29/c\\_131332499.htm](http://www.chinaequip.gov.cn/2011-12/29/c_131332499.htm).
- [48] 吴晶晶. 我国“子午工程”首枚探空火箭试验圆满成功[EB/OL]. 新华网, 2011-05-08, [http://news.xinhuanet.com/local/2011-05/07/c\\_121388863.htm](http://news.xinhuanet.com/local/2011-05/07/c_121388863.htm).
- [49] 空间科学领域首个国家重大项目子午工程启动[EB/OL]. 中国科学院网站, 2008-01-07, [http://www.cas.cn/sp/spwx/200801/t20080107\\_2038610.shtml](http://www.cas.cn/sp/spwx/200801/t20080107_2038610.shtml).
- [50] 郑见. 子午工程即将转入正式运行[N]. 科学时报, 2011-12-19.

(责任编辑 代丽)

### 《科技导报》“卷首语”栏目征稿

“卷首语”栏目每期邀请一位中国科学院院士和中国工程院院士就重大科技现象、事件,以及学科发展趋势、科学研究热点和前沿问题等,撰文发表个人的见解、意见和评论。本栏目欢迎院士投稿,每篇文章约 2000 字,同时请提供作者学术简历、工作照和签名电子文档。投稿邮箱: [kjdbbjb@cast.org.cn](mailto:kjdbbjb@cast.org.cn)。