

2018年中国重大科学、技术和工程进展

陈广仁, 刘志远, 田恬, 祝叶华

《科技导报》编辑部, 北京 100081

摘要 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,从国内外重要科技期刊和科技新闻媒体所报道的中国科技成果中,按科学、技术、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、审稿人等专家通信评选,推选出2018年度中国重大科学、技术、工程进展30项。1) 2018年中国重大科学进展10项:基于体细胞核移植技术成功克隆出猕猴;揭示抑郁发生及氯胺酮快速抗抑郁机制;实现用于肿瘤治疗的智能型DNA纳米机器人;发现促进晚期癌症恶化的新型红细胞样细胞亚群;证实人类生活在黄土高原的历史可追溯至212万年前;人工创建单染色体真核细胞;实现对万有引力常数 G 的精确测量;揭示富锂巨星起源的一个可能机制;制备基于自组装亚微米结构的高效钙钛矿发光二极管;在铁基拓扑超导体中发现马约拉纳费米子。2) 2018年中国重大技术进展10项:“墨子号”量子卫星成功实现洲际量子密钥分发;北斗组网卫星搭载新一代氢原子、铷原子钟,技术指标达国际先进水平;实现全球首例人类肺脏再生;“魂芯II-A”芯片发布,实际运算性能业界同类最强;首次合成阿波霉素,可应对超级细菌;通过叠层设计使有机太阳能电池光电转化效率突破17.3%;中国运载火箭垂直回收制导技术试验成功;创建出新型超分辨成像技术,揭示细胞器互作新现象;基于有序间隙原子复合体设计出高强度高塑性金属材料;成功研制出世界首台分辨率最高紫外超分辨光刻装备,可加工22 nm芯片。3) 2018年中国重大工程进展10项:港珠澳大桥正式通车运营;国际大科学工程SKA首台正样样机出厂,“地球之眼”配上中国天线;世界首台全自动干细胞诱导培养设备通过验收,智能化干细胞诱导培养设备诞生;中国超级钻机“地壳一号”以7018 m深度创造亚洲国家大陆科学钻井新纪录;中国自主研发的疏浚重器“天鲲号”交付使用;全球首台AP1000三代核电机组成功并网发电;世界首座大跨度高铁斜拉桥成功合龙,设计时速达350 km/h;国产大型水陆两栖飞机AG600成功实现水上首飞起降;3个E级超算原型机系统完成交付,中国超算实现“三头并进”;“嫦娥四号”开启人类首次月球背面软着陆探测之旅。

关键词 中国;重大科学进展;重大技术进展;重大工程进展

《科技导报》自2004年第3期刊登“2003年中国重大科学、技术与工程进展”以来,至今已连续15年遴选发布中国年度重大科学、技术和工程进展^[1-16]。为盘点

2018年中国重大科学、技术和工程进展,《科技导报》编辑部从国内外重要科技期刊和科技新闻媒体2018年1月1日至12月31日间发表、公布或报道的中国科技成

收稿日期:2019-01-27;修回日期:2019-02-02

作者简介:陈广仁,编审,研究方向为科技哲学、科技传播,电子信箱:chenguangren@cast.org.cn

引用格式:陈广仁,刘志远,田恬,等. 2018年中国重大科学、技术和工程进展[J]. 科技导报, 2019, 37(3): 6-26; doi: 10.3981/j.issn.1000-7857.2019.03.001

果中,遴选、推荐 28 项重大科学进展、50 项重大技术进展、46 项重大工程进展候选条目,由《科技导报》编委、审稿人等专家通信评选,根据每项进展的得票情况,推选出 2018 年中国重大科学进展 10 项、重大技术进展 10 项、重大工程进展 10 项,以下按发表、公布或报道的时间顺序逐一介绍。

1 2018 年中国重大科学进展(10 项)

1.1 基于体细胞核移植技术成功克隆出猕猴

非人灵长类动物是与人类亲缘关系最近的动物。因可短期内批量生产遗传背景一致且无嵌合现象的动物模型,体细胞克隆技术被认为是构建非人灵长类基因修饰动物模型的最佳方法。自 1997 年体细胞克隆羊“多莉”诞生以来,诸如小鼠、大鼠、牛、猪、狗等哺乳动物的体细胞克隆相继获得成功,但与人类相近的灵长类动物的体细胞克隆一直未能突破。2017 年 11 月 27 日,世界上首个体细胞克隆猴“中中”在中国科学院神经科学研究所非人灵长类研究平台诞生,2017 年 12 月 5 日第 2 只克隆猴“华华”诞生(图 1)^[17]。



(a) “中中”

(b) “华华”

图 1 体细胞克隆猴诞生(图片来源:《Cell》)

中国科学院上海神经科学研究所/脑科学与智能技术卓越创新中心孙强和刘真研究团队发现,联合使用组蛋白 H3K9me3 去甲基酶 Kdm4d 和 TSA 可以显著提升克隆胚胎的体外囊胚发育率及移植后受体的怀孕率。在此基础上,他们用胎猴成纤维细胞作为供体细胞进行核移植,并将克隆胚胎移植到代孕受体后,成功得到 2 只健康存活克隆猴;而利用卵丘颗粒细胞为供体细胞核的核移植实验中,虽然也得到了 2 只足月出生个体,但这 2 只猴很快夭折。遗传分析证实,上述两种情况产生的克隆猴的核 DNA 源自供体细胞,而线粒体 DNA 源

自卵母细胞供体猴。相关研究成果发表在 2018 年 2 月 8 日出版的《Cell》^[18-19]。

体细胞克隆猴技术率先被中国科学家突破,诞生了世界首批体细胞克隆猴。中国的克隆技术从跟跑到并跑到领跑,是国家对科技投入持续增加带来的重大进步,也是国家战略决策与机遇的必然结果,该技术将为非人灵长类基因编辑操作提供更为便利和精准的技术手段,使得非人灵长类可能成为可以广泛应用的动物模型,进而推动灵长类生殖发育、生物医学以及脑认知科学和脑疾病机理等研究的快速发展。

1.2 揭示抑郁发生及氯胺酮快速抗抑郁机制

抑郁症正在成为严重影响人类健康的第二大疾病,全球至少有 10% 的人口受到过其不同程度的困扰。然而,病因却始终没有定论。抑郁症严重损害了患者的身心健康,是现代社会自杀问题的重要诱因,给社会和家庭带来巨大的损失。为探寻抑郁症的深层发病机制,当时在中国科学院神经科学研究所进行科研工作的胡海岚团队,从分子与神经环路机制出发,通过蛋白定量质谱分析,电生理及行为学等多种科学手段,首次证实了抑郁症的发生与大脑内“ β CaMKII”的蛋白激酶分子密切相关。“ β CaMKII”的蛋白激酶分子是调节神经活动的重要蛋白,当它出现在大脑中负责传递奖赏信息的核心区域并且表达水平过高时,就会抑制快乐因子“多巴胺”的分泌,并且充当失望使者将负面情绪传递给大脑,导致了快感缺失与行为绝望,这也是抑郁症的核心症状^[20]。这一突破性研究成果 2013 年发表在《Science》^[21]。

近年来在临床上意外发现,麻醉剂氯胺酮在低剂量下具有快速(1 h 内)、高效(在 70% 难治型病人中起效)的抗抑郁作用,被认为是精神疾病领域近半个世纪最重要的发现。然而,氯胺酮具有成瘾性、副作用大、无法长期使用等问题。研究氯胺酮的作用机制会为研发快速、高效、无毒的抗抑郁药物提供重要的科学依据。2018 年,浙江大学胡海岚团队在这一领域的研究取得了突破性的进展:在抑郁症的神经环路研究中,该研究组发现大脑中反奖赏中心——外侧缰核中的神经元活动是抑郁情绪的来源。这一区域的神经元细胞通过其特殊的高频密集的“簇状放电”,抑制大脑中产生愉悦感的“奖赏中心”的活动。通过光遗传的技术手段,直接证明缰核区的簇状放电是诱发动物产生绝望和快感缺失等行为表现的充分条件。针对抑郁的分子

机制,该研究组发现这种簇状放电方式是由NMDAR型谷氨酸受体介导的,作为NMDAR的阻断剂,氯胺酮的药理作用机制正是通过抑制缰核神经元的簇状放电,高速高效地解除其对下游“奖赏中心”的抑制,从而达到在极短时间内改善情绪的功效(图2)。同时,该研究组对产生簇状放电的细胞及分子机制做出了更深入的阐释。通过高通量的定量蛋白质谱技术,发现抑郁的形成伴随着胶质细胞中钾离子通道Kir4.1的过量表达。而Kir4.1通道对抑郁的调控植根于缰核组织中胶质细胞对神经元的致密包绕这一组织学基础。在神经元-胶质细胞相互作用的狭小界面中,Kir4.1在胶质细胞上的过表达引发神经元细胞外的钾离子浓度降低,从而诱发神经元细胞的超极化、T-VSCC钙通道活化,最终导致NMDAR介导的簇状放电。2篇相关研究论文发表在2018年2月15日出版的《Nature》^[22-23]。

上述研究对于抑郁症这一重大疾病的机制做出了系统性的阐释,颠覆了以往抑郁症核心机制上流行的“单胺假说”,并为研发氯胺酮的替代品、避免其成瘾等副作用提供了新的科学依据。同时,该研究所鉴定出的NMDAR、Kir4.1钾通道、T-VSCC钙通道等可作为快速抗抑郁的分子靶点,为研发更多、更好的抗抑郁药物或干预技术提供了崭新的思路,对最终战胜抑郁症具有重大意义。

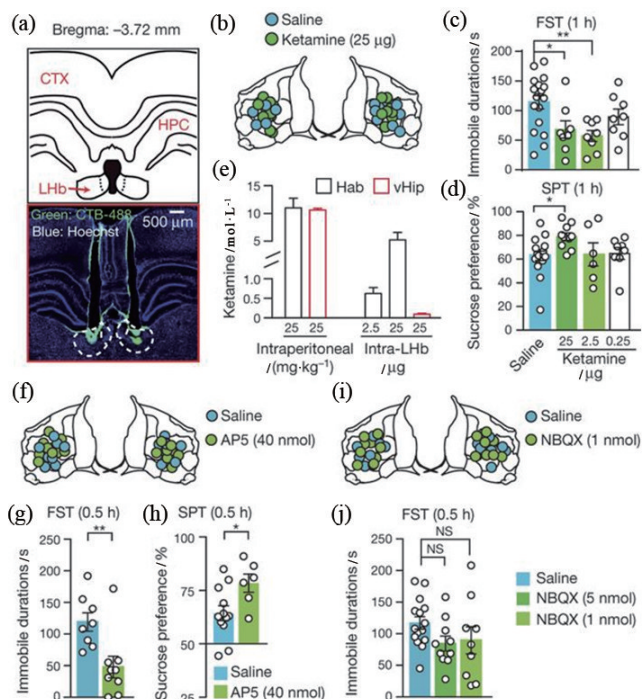


图2 局部阻断外侧缰核的谷氨酸受体会产生快速抗抑郁作用 (图片来源:《Nature》)

1.3 实现用于肿瘤治疗的智能型DNA纳米机器人

纳米机器人是根据分子水平的生物学原理为设计原型,设计制造可对纳米空间进行操作的“功能分子器件”。科学家根据分子病理学原理已经研制出各种各样的可以进入人体微观世界行走的纳米机器人,有望用于清除人体内有害物质、修复损坏基因、激活细胞能量、维护人体健康等。现阶段细胞内药物运输是纳米机器人领域的热门研究方向。传统的药物运输载体主要依赖于系统循环,缺少定点运输、组织渗透等驱动导航能力;然而纳米机器人却能克服这些挑战,成为实现药物运输的理想化载体,可以实现药物的快速、精准释放,并提高疗效、减轻药物副作用^[24]。

国家纳米科学中心聂广军、丁宝全和赵宇亮研究组与美国亚利桑那州立大学颜灏研究组等合作,在活体内可定点输运药物的纳米机器人研究方面取得突破,实现了纳米机器人在活体(小鼠和猪)血管内稳定工作并高效完成定点药物输运功能(图3)。这种由DNA制成的微型机器人,具备分拣、搬运分子货物的能力。该纳米机器人装载了凝血酶通过特异性DNA适配体功能化,可以与特异表达在肿瘤相关内皮细胞上的核仁素结合,精确靶向定位肿瘤血管内皮细胞;并作为响应性的分子开关,打开DNA纳米机器人,在肿瘤位点释放凝血酶,激活其凝血功能,诱导肿瘤血管栓塞和肿瘤组织坏死。这种创新方法的治疗效果在乳腺癌、黑色素瘤、卵巢癌及原发肺癌等多种肿瘤中得到了验证。小鼠和Bama小型猪实验显示,这种纳米机器人具有良好的安全性和免疫惰性。现阶段纳米机器人在医

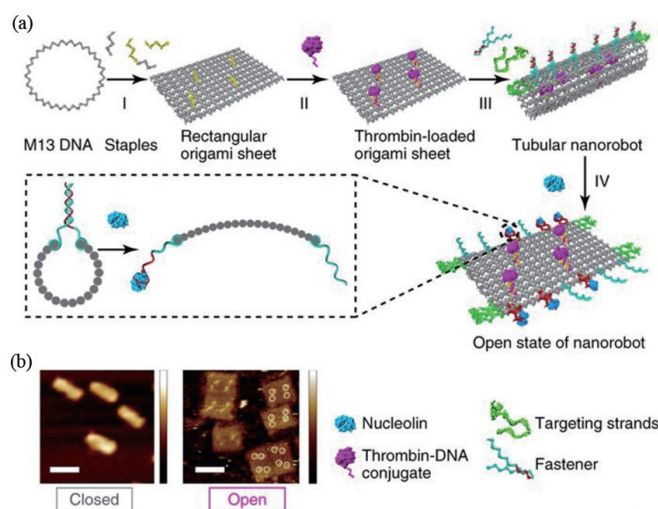


图3 凝血酶功能化DNA纳米机器人的设计和特征 (图片来源:《Nature Biotechnology》)

疗领域的应用还处于起步阶段,发挥微小机器人的全部潜能还面临很多未知和挑战。相关研究成果发表在2018年3月出版的《Nature Biotechnology》^[25]。

1.4 发现促进晚期癌症恶化的新型红细胞样细胞亚群

癌症是一种发生于局部而累及全身多器官功能的系统性疾病,由多种细胞、因子共同作用产生的,它存在于一个复杂的细胞生态系统中,即肿瘤微环境。在肿瘤转移过程中,微环境对于转移的肿瘤细胞的存活与增殖都是必需的。以往对于癌症发生发展机制和诊断治疗的研究多集中于癌细胞本身,而对于原发瘤体之外机体远端器官异常在癌症免疫逃逸和侵袭转移等恶化过程中的作用认识不足,经过常年的观察可以发现,有些癌症晚期患者往往会产生脾脏肿大的现象^[26]。

海军军医大学医学免疫学国家重点实验室曹雪涛团队与国内多家基础与临床单位合作,通过动态分析早晚期癌症患者主要器官中的细胞异常变化,在晚期癌症患者肿大的脾脏中发现了一种向血液中释放的 β 型转化生长因子,这种因子会诱导脾脏红系发育障碍并产生一类表达Ter-119红系细胞标志的新型细胞亚群(这种新型细胞亚群被命名为Ter细胞)(图4)。Ter细胞能够分泌大量的神经营养因子artemin进入血液,促进癌症的转移和恶化。多个临床中心的肝癌患者队列研究发现,肝癌患者血清artemin水平越高,预后越差,将脾脏切除或者体内应用artemin抗体可以抑制癌症进展并延长晚期癌症患者存活期。该工作为癌症预后判断和干预治疗提出了新的潜在靶点,丰富了对于癌症全身性异常变化促进恶性进程的认识,发现了癌症原发灶能够利用远端脾脏产生新型细胞亚群而导致患者病情恶化的新方式,提出了切除晚期癌症患者脾脏或者选择性清除Ter细胞有助于综合治疗晚期癌症的观点。相关研究成果发表在2018年4月19日出版的《Cell》^[27]。

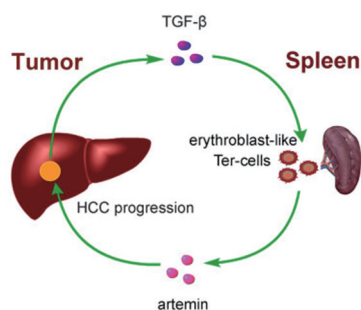


图4 肿瘤诱导的Ter细胞生成促进肿瘤进展
(图片来源:《Cell》)

1.5 证实人类生活在黄土高原的历史可追溯至212万年前

人类的起源和演化是重大科学前沿问题,国际上公认的非洲以外最早的旧石器地点是格鲁吉亚的德马尼西遗址,年代为距今185万年。在中国,受到广泛关注的是1963年7月发现的蓝田公王岭直立人化石。自从这一遗址发现以来,其年代断定一直存在争议。根据20世纪80年代后期古地磁和黄土序列的研究,普遍认为这一遗址的年代在距今115万年。2001年以来,中国科学院广州地球化学研究所朱照宇及其合作者在蓝田县公王岭持续性地综合研究,在公王岭及相邻剖面发现了几个主要的磁性事件,将蓝田公王岭直立人的年代向前推进了将近50万年,这使其成为非洲以外的仅次于德马尼西的最早发现直立人头骨化石的地点^[28]。

随后,朱照宇、古脊椎动物与古人类研究所黄慰文和英国埃克塞特大学Robin Dennell领导的团队2004—2017年在陕西省蓝田县发现了一处新的旧石器地点——上陈遗址。研究人员综合运用黄土-古土壤地层学、沉积学、矿物学、地球化学、古生物学、岩石磁学和高分辨率古地磁测年等多学科交叉技术方法测试了数千组样品,建立了新的黄土-古土壤年代地层序列,并在早更新世17层黄土或古土壤层中发现了原地埋藏的96件旧石器,包括石核、石片、刮削器、钻孔器、尖状器、石锤等,其年龄约126万~212万年(图5)。上陈遗址212万年前最早石器的发现将蓝田古人类活动年代推前了约100万年,这一年龄比德马尼西遗址年龄还早27万年,使上陈成为非洲以外最早的古人类遗迹地点之一。这将促使科学家重新审视早期人类起源、迁徙、扩散和路径等重大问题。此外,世界罕见的含有20多层旧石器文化层的连续黄土-古土壤剖面的发现将为已经处于世界领先地位的中国黄土研究拓展一个新研究方向,同时将对古人类生存环境及石器文化技术的演进给出年代标尺和环境标记。相关研究成果发表在2018年7月26日出版的《Nature》^[29-30]。

1.6 人工创建单染色体真核细胞

自然界存在的生命体可分为真核生物和原核生物。真核生物细胞含有多条染色体,且均呈线型结构,例如人类、小鼠、酿酒酵母等均属于真核生物。原核生物细胞通常只含有1条染色体,而且是环型结构,例如大肠杆菌、破伤风菌等。在以往的研究过程中,通过基

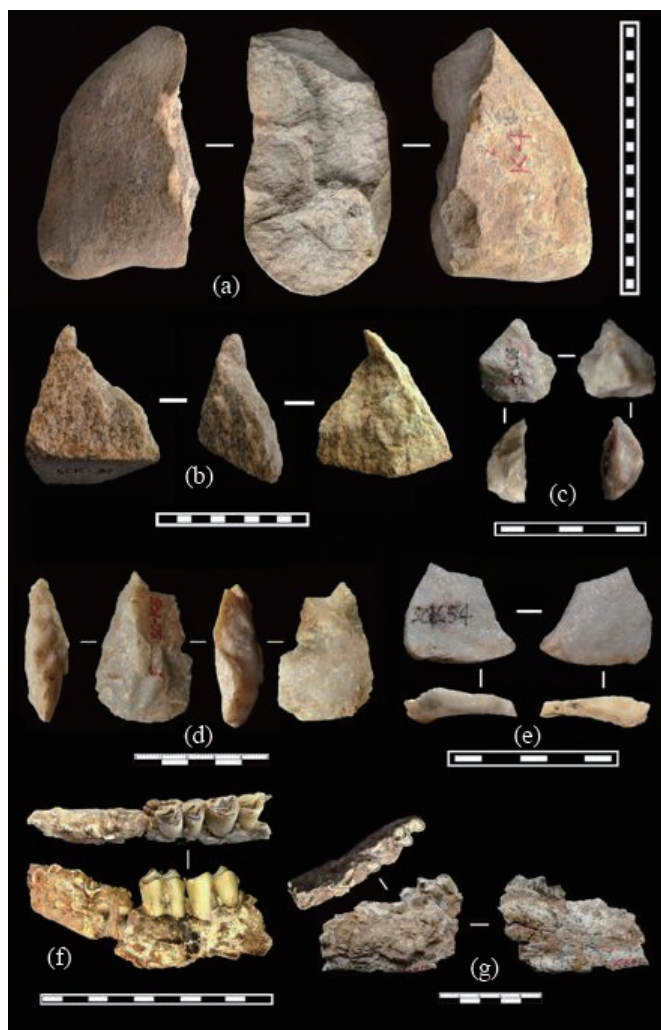


图5 上陈遗址出土的部分化石
(图片来源:《Nature》)

因重组技术,对大肠杆菌基因组可以进行各种“删减、重组、优化、合成”等操作。但是对于天然进化的真核生物来说,其染色体数目是否可以人为改变、是否可以人工创建一个具有正常功能的单染色体真核生物,是生命科学领域的前沿科学问题^[31]。

中国科学院分子植物科学卓越创新中心/植物生理生态研究所覃重军、薛小莉和赵国屏研究组与中国科学院生物化学与细胞生物学研究所周金秋研究组等合作,在国际上首次人工创建了单条染色体的真核细胞,完成了将单细胞真核生物酿酒酵母天然的16条染色体人工创建为具有完整功能的单条染色体。自2013年起,研究团队开始尝试并使用高效的染色体操作方法,历经4年,通过15轮染色体融合,最终成功得到只有1条线型染色体的单细胞真核生物酿酒酵母菌株SY14(图6)。尽管经历了从16条染色体到1条染色体的巨

大变化,酵母体内只有少数基因的表达发生了变化,而且这些变化大多可以通过结构上的原因得到解释,后续的培育与形态学观察还发现,在不同的培养条件下,这些酵母都没有表现出严重的生长缺陷,它们甚至还能靠自己仅有的1条染色体顺利地进行有性生殖。这表明,天然复杂的生命体系可以通过人工干预变简约,自然生命的界限可以被人为打破,甚至可以人工创造出全新的、自然界不存在生命。相关研究成果发表在2018年8月16日出版的《Nature》^[32]。

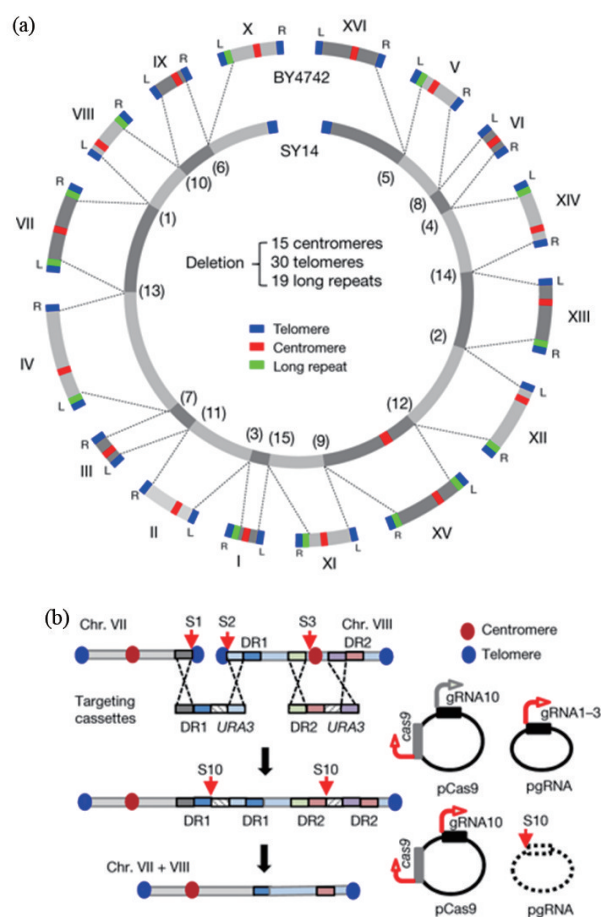


图6 单染色体酵母的产生
(图片来源:《Nature》)

1.7 实现对万有引力常数 G 的精确测量

万有引力常数 G 是自然界最重要的基本物理常数之一,将万有引力与质量、距离联系起来的,正是万有引力常数 G 。 G 的大小反映了万有引力的强弱,它的精确测量在物理学中具有特殊地位。1798年,英国物理学家卡文迪许通过扭秤实验测量了地球密度,后人由此实验推算出历史上第一个 G , 相对不确定度为1%。国际科学技术数据委员会(Committee on Data for Sci-

ence and Technology, CODATA) 2014年公布的推荐值为 $G=6.67408(31) \times 10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$, 相对精度仅为 47×10^{-6} , 其中收录的 14 个测量结果中最小值和最大值相差达到 500×10^{-6} 。造成这种现象的一个可能原因是各种不同方法之间存在着某些尚未被发现和正确评估的系统误差^[33]。

中国物理学家在测量 G 这个领域起步较晚。直至 20 世纪 80 年代, 华中科技大学的罗俊团队才开始采用扭秤技术精确测量万有引力常数 G 。罗俊团队历经十多年的努力于 1999 年得到了第 1 个 G , 随后被国际科学技术数据委员会作为给出推荐的 G 值而录用, 得到国内外广泛关注和认可。该团队对实验方案进行一系列优化及对各项误差进行更深入的研究, 又历时 10 年, 于 2009 年发表了新的结果, 相对精度达到 26×10^{-4} 。该结果是当时采用扭秤周期法得到的最高精度的 G , 也是当时国际上精度优于 50×10^{-4} 的 5 个结果之一, 被国际科学技术数据委员会收录命名为 HUST-09。为了弄清 G 的测量是否与方法相关和探寻不同方法中可能存在的潜在系统误差, 罗俊团队开始同时采用 2 种相互独立的方法——扭秤周期法和扭秤角加速度反馈法测量 G (图 7)。历经多年的艰苦努力, 2018 年, 他们通过这 2 种方法获得了迄今为止国际最高的测量精度 (G 分别为 6.674184×10^{-11} 和 $6.674484 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$, 相对标准偏差分别为 11.64×10^{-6} 和 11.61×10^{-6}), 吻合程度达到 45×10^{-6} 。这一结果为提升中国在基础物理学领域的话语权、为物理学界确定高精度的引力常数 G 的推荐值做出了实质性的贡献。相关研究成果发表在 2018 年 8 月 30 日出版的《Nature》^[34]。

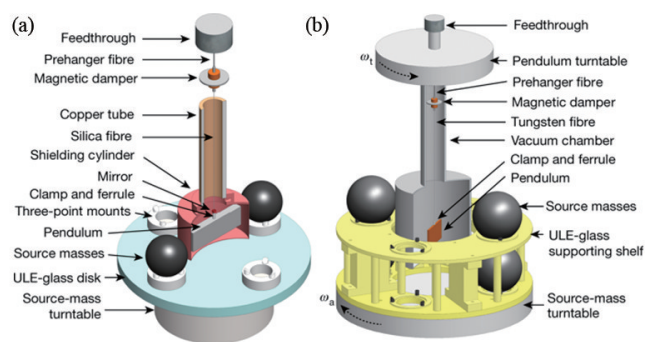


图7 2种不同方法测量 G 值的实验装置示意
(图片来源:《Nature》)

1.8 揭示富锂巨星起源的一个可能机制

锂元素是宇宙大爆炸以及星际物质和恒星起源的

关键元素之一。已有研究显示, 大约有 1% 的巨星大气中具有异常高的锂丰度, 这与标准恒星演化模型的预测结果存在直接的矛盾, 使得科学家对宇宙中锂元素的产生和演化产生了很大的研究兴趣。但经过数十年的努力, 富锂巨星的起源仍然存在争论。

中国科学院国家天文台赵刚和施建荣领导的研究团队利用大科学装置郭守敬望远镜 (large sky area multi-object fiber spectroscopic telescope, LAMOST) 发现了 1 颗迄今为止锂丰度最高的恒星 ($A_{\text{Li}}=4.51$), 其锂含量是同类天体的 3000 倍 (图 8)^[35]。该富锂巨星来自于银河系中心附近的蛇夫座方向, 位于银河系盘面以北, 距离地球约 4500 光年。如此高的锂丰度指示这颗巨星可能正处于其红巨星期的最开始阶段, 这为研究星系中锂元素的起源和演化提供了极大的机遇。研究组进一步结合美国自动行星搜寻者望远镜的高分辨率光谱和最新的原子数据, 通过详细的核模拟, 重建了该巨星锂富集过程。研究显示, 这颗恒星的锂元素很可能来自恒星内部的一种特殊的物质交换过程, 恒星内部的铍-7 元素对流交换到表面衰变形成锂元素。理论计算结果与观测结果的一致性, 表明低质量巨星自身在其红巨星

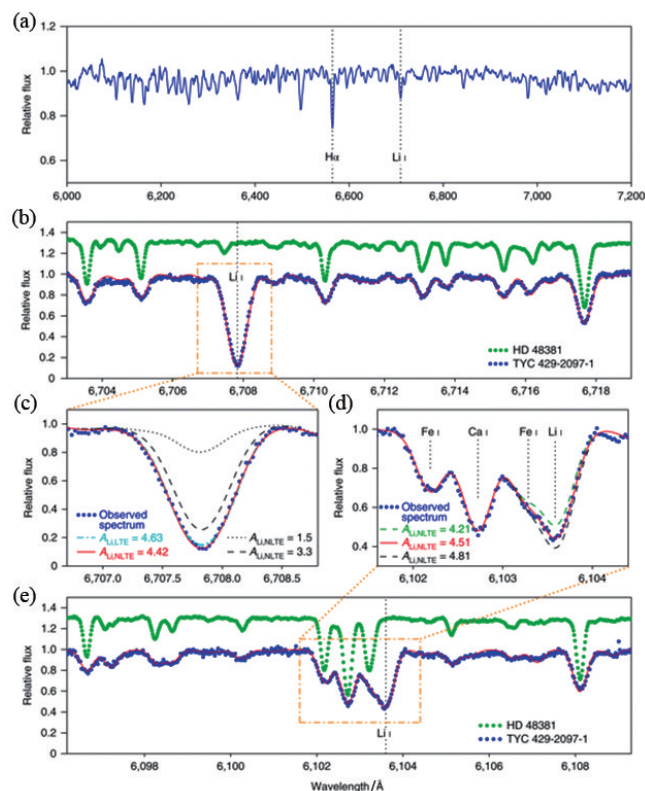


图8 TYC 429-2097-1 的观测光谱
(图片来源:《Nature Astronomy》)

阶段可产生高丰度的锂元素,为富锂巨星的起源提供了一个合理的解释。上述研究结果打破了传统理论的限制,为研究锂元素的起源和演化找到了新的突破口,对恒星如何形成大量锂元素给出了合理解释。相关研究成果发表在2018年10月出版的《Nature Astronomy》^[36]。

1.9 制备基于自组装亚微米结构的高效钙钛矿发光二极管

将电转换为光的发光二极管(LED)广泛用于照明、平板显示器、医疗设备和许多其他方面,具有广阔的市场前景及巨大的市场价值。但是,目前平面结构的LED尤其是有机发光二极管(OLED)的发光效率还比较低,发射器发出的光有70%~80%被捕获在器件中。通常,科学家采用光提取技术来提高LED的出光效率。然而,传统光提取技术需要使用图案化光栅等特殊光学结构,不但制备成本高,而且工艺复杂,对LED最终发光效率提升的效果并不显著且会造成发光光谱和出光方向的改变。

针对这一世界性的重大科学难题,南京工业大学先进材料研究院黄维院士、王建浦教授团队2016年提出钙钛矿维度调控法,创造了钙钛矿LED效率纪录。他们创造性地采用溶液加工方法将无机LED中用于提高器件发光效率的量子阱结构引入到钙钛矿LED中,开发了具有多量子阱结构的钙钛矿发光材料,其兼具二维钙钛矿材料成膜质量高和三维钙钛矿材料发光效率高的优点。利用这种维度可调的多量子阱钙钛矿材料,制备的LED器件外量子效率达到11.7%,在电流密度为 $100 \text{ mA} \cdot \text{cm}^{-2}$ 时能量转换效率达5.5%。这一重要研究成果刊登在《Nature Photonics》^[37-38]。

2018年,他们通过一种简单的低温溶液法,实现了由一层非连续、不规则分布的钙钛矿晶粒和嵌入在钙钛矿晶粒之间的低折射率有机绝缘层组成的发光层,进而大幅度地提高了LED的光提取效率。使用该方法制备的LED器件外量子效率达到20.7%,在 $100 \text{ mA} \cdot \text{cm}^{-2}$ 的电流密度下能量转化效率达到12%,该方法形成的非周期性结构可以将LED光提取效率提高10个百分点(图9)。相关研究成果发表在2018年10月11日出版的《Nature》^[39]。

此项研究成果再次实现了钙钛矿LED发光领域的重大突破,与目前市场上的OLED相比,所获得的器件效率大体一致,甚至在高亮度条件下的能量转化效率优于OLED,从而展现出非常广阔的应用前景^[40]。

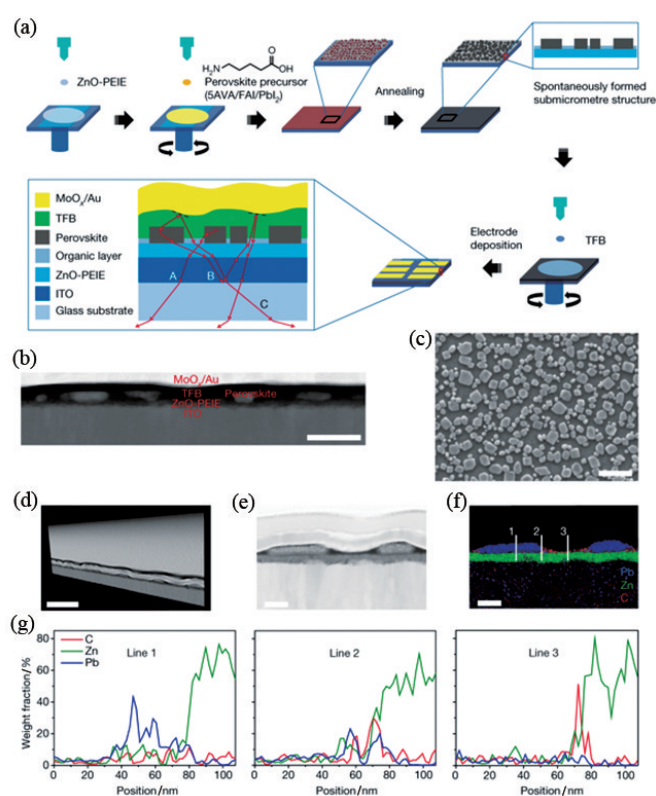


图9 装置制造和亚微米结构的形成
(图片来源:《Nature》)

1.10 在铁基拓扑超导体中发现马约拉纳费米子

1937年,物理学家埃托雷·马约拉纳(Ettore Majorana)把描写费米子的基本运动方程(狄拉克方程)分解成电荷共轭不变的两部分(即马约拉纳方程),得到了“自己是自己的反粒子”的马约拉纳费米子。80余年来,马约拉纳费米子的相关研究一直是物理学最前沿的问题之一。高能物理领域一直在寻找中微子是马约拉纳费米子的实验证据,如果证实,将是继发现希格斯波色子后的又一重大发现。2014年,中国科学院物理研究所/北京凝聚态物理国家研究中心丁洪研究组通过对强关联铁基超导体 $\text{FeTe}_{0.55}\text{Se}_{0.45}$ 进行能带表征,在实验中发现狄拉克锥表面态的初步迹象。随后他们与中国科学院物理研究所方忠、戴希研究组合作从理论计算上表明这一能带反转具有拓扑非平庸的性质。与此同时,物理所胡江平研究组计算发现单层 $\text{Fe}(\text{Te}, \text{Se})$ 薄膜也可发生拓扑非平庸能带反转,之后丁洪研究组发现了相关实验证据。2016年,美国斯坦福大学张首晟研究组通过理论计算,进一步预言在合适的条件下 $\text{FeTe}_{0.5}\text{Se}_{0.5}$ 的磁通涡旋中会出现马约拉纳束缚态。2017年,丁洪研究组与日本东京大学合作,利用超高分辨角分辨光

电子能谱证实了拓扑表面态的存在并研究了拓扑能带的性质。实验发现拓扑表面态具有较大的超导能隙(Δ)以及很小的费米能(E_F),这使得上述要求在 $\text{FeTe}_{0.55}\text{Se}_{0.45}$ 单一材料中有机地结合起来,为清晰干净地直接观测马约拉纳束缚态提供了基础^[41]。

2018年,中国科学院物理研究所高鸿钧和丁洪研究组与合作者,利用扫描隧道显微镜在铁基拓扑超导材料 $\text{FeTe}_{0.55}\text{Se}_{0.45}$ 的磁涡旋中心观测到了一个尖锐的零偏压峰(图10)。该峰在远离磁涡旋中心的移动中不会发生分裂,其在不同磁场、温度以及隧道势垒下的演变行为与一个近乎纯粹的马约拉纳束缚态的行为一致,而非拓扑束缚态不同。上述研究为在相对高的温度实现和操控马约拉纳束缚态提供了一个新的平台。相关研究成果发表在2018年10月19日出版的《Science》^[42]。

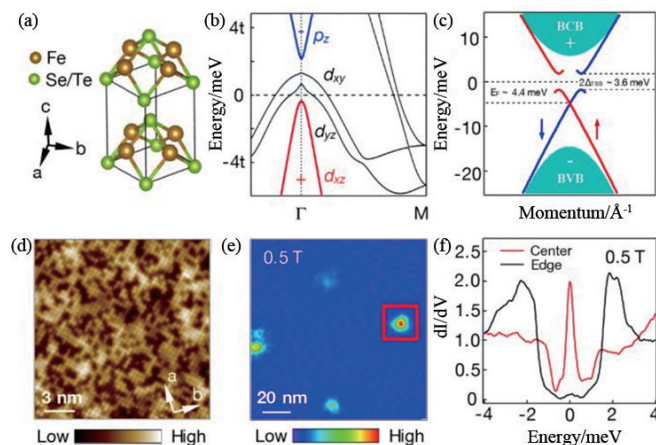


图10 $\text{FeTe}_{0.55}\text{Se}_{0.45}$ 能带结构及涡旋中心
(图片来源:《Science》)

2 2018年中国重大技术进展(10项)

2.1 “墨子号”量子卫星成功实现洲际量子密钥分发

中国科技大学潘建伟、彭承志研究团队,联合中国科学院上海技术物理所王建宇研究组及微小卫星创新研究院、国家空间科学中心等单位,与奥地利科学院Anton Zeilinger研究组合作,利用“墨子号”量子科学实验卫星,在中国和奥地利之间首次实现距离达7600 km的洲际量子密钥分发(图11),并利用共享密钥实现加密数据传输和视频通信。该成果标志着“墨子号”已具备实现洲际量子保密通信的能力。相关研究成果以封面文章发表在2018年1月19日出版的《Physical Review Letters》^[43]。

在实验中,“墨子号”分别与河北兴隆、奥地利格拉

茨地面站进行了星地量子密钥分发,通过指令控制卫星作为中继,建立了兴隆地面站与格拉茨地面站之间的共享密钥,实验中获取共享密钥量约800 kbit/s。基于共享密钥,采用一次一密的加密方式(图12),中、奥联合团队在北京到维也纳之间演示了图片加密传输。结合高级加密标准AES-128协议,每秒更新一次种子密钥,中、奥联合团队建立了一套北京到维也纳的加密视频通信系统,并利用该系统成功举行了75 min的中国科学院和奥地利科学院洲际量子保密视频会议^[44]。

“墨子号”卫星与不同国家和地区的地面站之间实现成功对接,表明了通过“墨子号”卫星与全球范围任意地点进行量子通信的可行性与普适性,并为形成卫星量子通信国际技术标准奠定了基础。

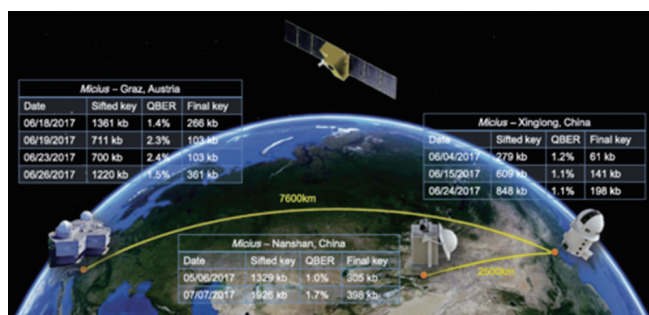


图11 洲际量子保密通信网络示意
(图片来源:《Physical Review Letters》)

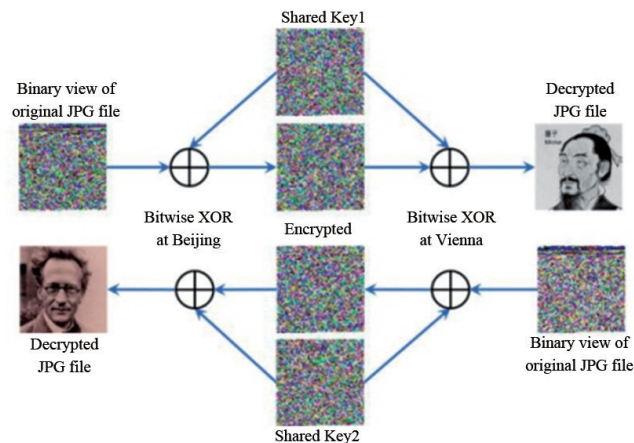


图12 一次一密图片数据加密传输示意
(图片来源:《Physical Review Letters》)

2.2 北斗组网卫星搭载新一代氢原子、铷原子钟,技术指标达国际先进水平

原子钟是利用原子跃迁频率稳定的特性来获取精准时间频率信号的设备,其研发涉及量子物理学、电学、结构力学等众多学科,目前国际上仅少数国家具有独立研制能力。作为导航卫星的“心脏”之一,高性能

的星载原子钟对导航精度起到重要作用,可分为氢原子钟、铷原子钟和铯原子钟3种。

2018年1月18日,中国采取“一箭双星”方式,成功发射了北斗三号导航卫星第三、四颗组网卫星,这两颗卫星均装载了中国航天科工集团第二研究院203所研制的1台铷原子钟和1台氢原子钟(图13),技术指标达到国际先进水平^[45]。

相比此前北斗工程中单纯采用铷原子钟,此次发射的北斗三号导航卫星上搭载的铷原子钟精度更高,且比前代产品体积更小、重量更轻,技术性能大幅提升,达到国际先进水平。搭载的星载氢原子钟在技术性能及可靠性上均达到国际同类产品水平,为北斗三号组网卫星的高性能、长寿命要求提供了有力保障。

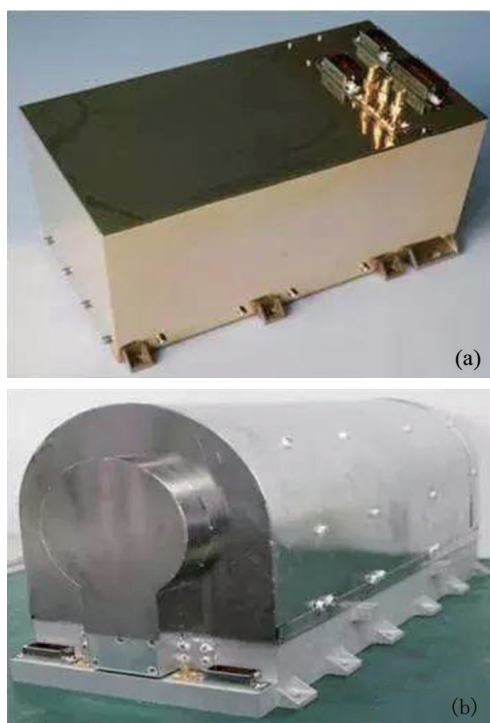


图13 星载铷原子钟(a)、氢原子钟(b)

(图片来源:中国航天科工集团第二研究院第203研究所)

2.3 实现全球首例人类肺脏再生

同济大学左为团队在国际上率先利用成年人体肺干细胞移植技术,在临床上成功实现了人类肺脏再生。该研究团队从患者支气管刷取出几十个干细胞,在体外扩增数千万倍之后,移植到患者肺部的病灶部位。经过3~6个月的增殖、迁移和分化,这些干细胞逐渐形成了新的肺泡和支气管结构,进而完成了对患者肺部损伤组织的修复替代(图14)。相关研究成果以封面文章发表在2018年1月17日出版的《Protein & Cell》^[46-47]。

目前中国处于各种肺部疾病高发状态,肺组织一旦遭到破坏而发生纤维化,病情往往会持续恶化无法逆转,而传统的治疗方法只能减缓这种纤维化的进程,延缓病情,随着干细胞研究逐渐成为全球医学研究的热点,肺干细胞移植成为这些患者的最后希望。

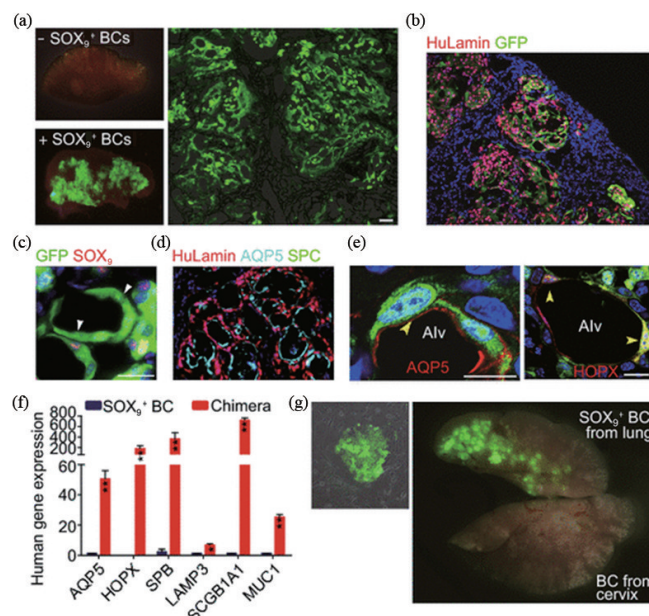


图14 移植SOX₂⁺BCs在体内再生功能性人肺

(图片来源:《Protein & Cell》)

2.4 “魂芯II-A”芯片发布,实际运算性能业界同类最强

2018年4月23日,中国电子科技集团公司第38研究所发布了实际运算性能业界同类产品最强的数字信号处理器——“魂芯II-A”^[48](图15)。

该芯片由中国电子科技集团公司第38研究所完全自主设计,在1 s内能完成千亿次浮点操作运算,单核性能超过当前国际市场上同类芯片性能的4倍。相对于“魂芯I”,“魂芯II-A”性能提升了6倍,通过单核变多核、扩展运算部件、升级指令系统等手段,使器件进行千亿次浮点运算的同时,具有相对良好的应用环境和调试手段;单核实现1024浮点快速傅里叶变换(fast Fourier transform, FFT)运算仅需1.6 μs,运算效能比德州仪器公司TMS320C6678高3倍,实际性能为其1.7倍,器件数据吞吐率达240 Gbit/s。

“魂芯II-A”研发历时6年,突破了控制器设计等多个技术难题,获得国家发明专利、软件著作权等科技成果30余项。作为通用数字信号(digital signal processing, DSP)处理器,“魂芯II-A”将广泛运用于雷达、

电子对抗、通信、图像处理、医疗电子、工业机器人等高密集计算领域。



图15 魂芯II-A
(图片来源:《中国青年报》)

2.5 首次合成阿波霉素,可应对超级细菌

抗生素滥用导致的细菌耐药性问题已成为临床治疗最为棘手的难题之一,多重耐药菌甚至超级细菌的出现

及蔓延,已对人类健康构成了新的威胁。阿波霉素(Albomycins)是1947年从土壤灰色链霉菌的代谢物中分离得到的一类具有显著抗菌活性的天然产物,对治疗肺炎有很好的效果,但纯度很低、有副作用。由于阿波霉素分子很复杂,人工合成技术难度高,一直没有成功过。

重庆大学药学院贺耘团队实现了世界上首次对阿波霉素 δ_1 、 δ_2 、 ϵ 3个化合物的全合成(图16),并分别进行了活性测试,其中阿波霉素 δ_2 表现出优良的抗菌活性,其最小抑菌浓度普遍低于市场上正在使用的抗生素环丙沙星(ciprofloxacin)、万古霉素(vancomycin)和青霉素(paniillin),对临床分离得到的多重耐药菌耐甲氧西林金黄色葡萄球菌(Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*, MRSA)也有很好的抑制活性,其最小抑菌活性为0.25 $\mu\text{g/mL}$,对肺炎链球菌的抗菌活性更是达到了ng/mL的级别。相关研究成果发表在2018年9月4日出版的《Nature Communications》^[49]。

阿波霉素具有很好的安全性,具有进一步开发成有效抗击病菌耐药性药物的潜力^[50]。

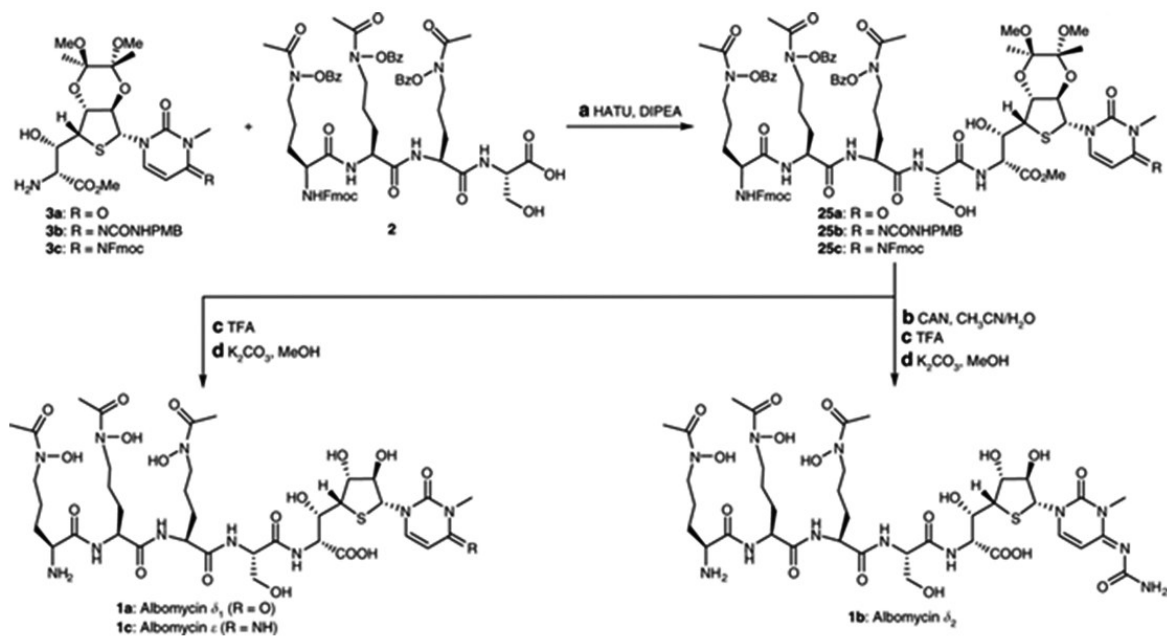


图16 阿波霉素 δ_1 、 δ_2 、 ϵ 的化学结构及合成策略(图片来源:《Nature Communications》)

2.6 通过叠层设计使有机太阳能电池光电转化效率突破17.3%

有机太阳能电池具有很多优势,但其光电转化效率仍然落后于传统无机光伏电池。其中一个根本原因是有机光伏材料载流子迁移率较低,导致有机光伏器件活性层厚度受限,从而难以有效利用太阳光。

南开大学陈永胜和万相见研究组与国家纳米科学中心丁黎明研究组等合作,采取叠层电池策略克服了上述问题。他们首先建立半经验模型,从理论上预测了有机叠层太阳能实际可以达到的最高效率和理想活性层材料的参数要求。在此基础上,设计合成了具有高效和宽光谱吸收特性的活性层材料,通过溶液法制

备出了创纪录的、验证效率达到 17.3% 的有机叠层太阳能电池(图 17)。相关研究成果发表在 2018 年 9 月 14 日出版的《Science》^[51-52]。

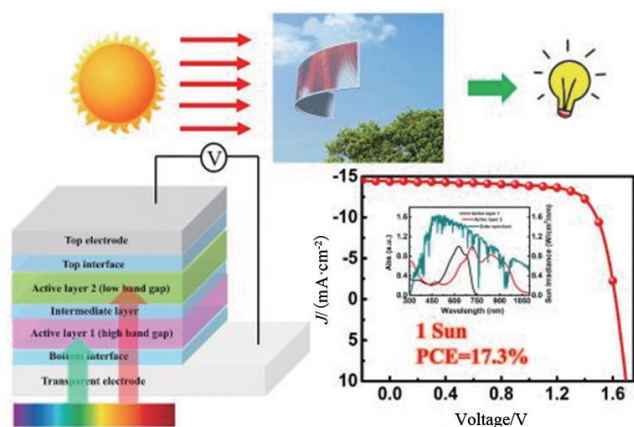


图 17 有机太阳能电池的柔性特征
(图片来源:《Science》)

2.7 中国运载火箭垂直回收制导技术试验成功

一次性运载火箭构型的重复使用,主要通过对火箭子级和助推器的回收来实现。目前主要有伞降回收、带翼飞回回收和垂直着陆回收 3 种方式。

2018 年,中国航天科技集团公司第一研究院第 12 研究所确定开展运载火箭垂直回收制导控制技术研究,组建专项攻关团队,设计搭建可重复使用小型垂直起降验证平台,开展技术验证。于 2018 年 10 月 29 日开展运载火箭垂直回收制导控制技术验证试验,飞行取得成功(图 18)。



图 18 垂直回收制导控制技术验证示意
(图片来源:中国航天科技集团)

该飞行试验验证了在线轨迹规划、高精度相对导航与制导控制等关键技术,其成功将推动重复使用航天运输系统的发展,支撑中国航天运输由一次性使用

向重复使用、由单一航天运输向航天运输与空间操作相结合的跨越^[53]。

2.8 创建出新型超分辨成像技术,揭示细胞器互作新现象

真核细胞内,细胞器和细胞骨架进行着高度动态而又有组织的相互作用以协调复杂的细胞功能。观测这些相互作用,需要对细胞内环境进行非侵入式、长时程、高时空分辨、低背景噪声的成像。为了实现这些正常情况下相互对立的目标,中国科学院生物物理研究所李栋研究组与美国霍华德·休斯医学研究所(Howard Hughes Medical Institute, HHMI) Lippincott-Schwartz 和 Betzig 等合作,发展了掠入射结构光照明显微镜(grazing incidence structured illumination microscopy, GI-SIM)技术,该技术能够以 97 nm 分辨率、每秒 266 帧对细胞基底膜附近的动态事件连续成像数千幅(图 19)。

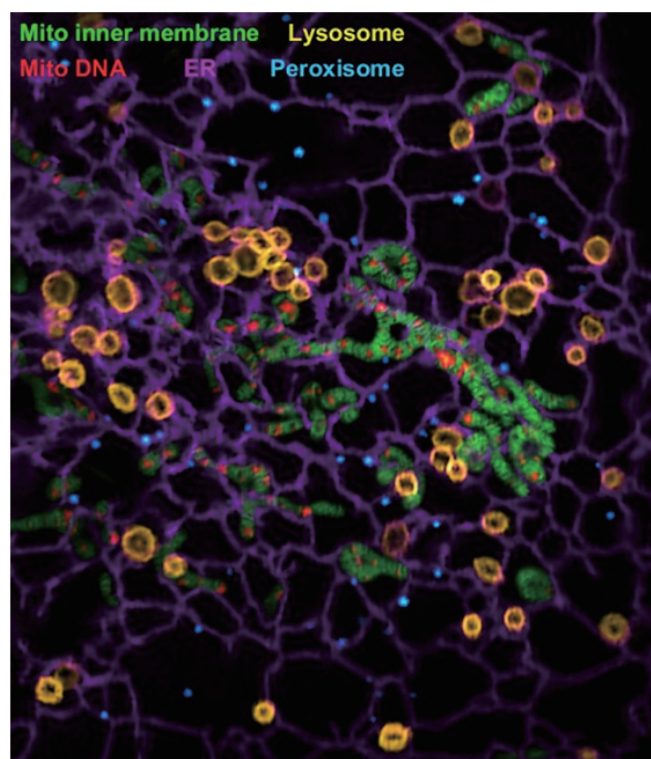


图 19 掠入射结构光照明超分辨成像技术
(图片来源:中国科学院生物物理研究所)

该团队利用多色 GI-SIM 技术揭示了细胞器-细胞器、细胞器-细胞骨架之间的多种新型相互作用,深化了对这些结构复杂行为的理解。微管生长和收缩事件的精确测量有助于区分不同的微管动态失稳模式。内质网(endoplasmic reticulum, ER)与其他细胞器或微管之间的相互作用分析揭示了新的内质网重塑机制,如

内质网搭载在可运动细胞器上。而且,研究发现内质网-线粒体接触点可促进线粒体的分裂和融合。GI-SIM 实现了对细胞内多种细胞器动态的最优化二维超分辨成像,可发现多种细胞器互作新行为。相关研究成果发表在2018年10月25日出版的《Cell》^[54-55]。

2.9 基于有序间隙原子复合体设计出高强度高塑性金属材料

金属材料在制造加工过程中会不可避免地引入杂质(尤其是氧)。一般认为,氧的掺杂普遍以对材料机械性能不利的间隙杂质或脆性氧化物陶瓷相存在,虽能提高强度,但微量氧掺杂(10^{-6} 级别)往往大幅降低金属材料塑性并易引起灾难性脆性断裂。因此,通常金属材料在制造加工过程中必须严格控制极低的含氧量,这对金属材料制备和加工构成了严峻的挑战。

北京科技大学新金属材料国家重点实验室吕昭平团队与合作者以等原子比 TiZrHfNb 高熵合金为模型合金,发现在添加适量的氧后,间隙氧原子与 Zr/Ti 原子结合形成一种尚未被人们所认识的新结构——有序间隙原子复合体,这是一种介于常规随机间隙原子和陶瓷相之间的新的间隙原子存在状态(图 20)。这种有序间隙原子复合体能够同时显著提高合金的强度和塑性,打破了金属材料强度和塑性不可兼得的魔咒,拓展了对间隙强化和有序强化的认识。而且,这一同时提高合金强度和塑性的有序间隙原子复合体可通过适当的

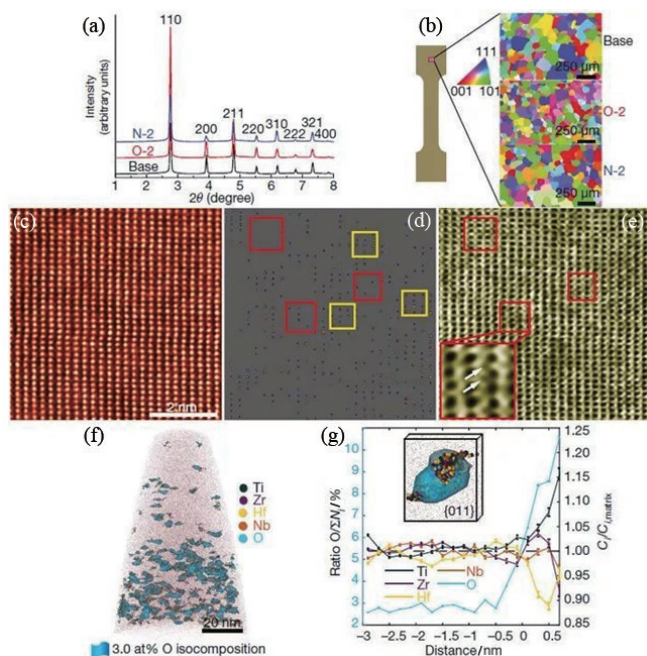


图 20 基体合金、N-2 合金及 O-2 合金的微观组织
(图片来源:《Nature》)

合金设计及加工工艺获得,能够广泛应用于低成本、高性能金属材料的开发。相关研究结果发表在2018年11月22日出版的《Nature》^[56-57]。

2.10 成功研制出世界首台分辨力最高紫外超分辨光刻装备,可加工 22 nm 芯片

2018年11月29日,由中国科学院光电技术研究所承担的国家重大科研装备——超分辨光刻装备项目在成都通过验收,标志着中国已研制成功世界上首台分辨力最高的紫外(即 22 nm@365 nm)超分辨光刻装备,并形成一条全新的纳米光学光刻工艺路线,具有完全自主知识产权。

中国科学院光电技术研究所经过近7年艰苦攻关,在无国外成熟经验可借鉴的情况下,突破了高均匀性照明、超分辨光刻镜头、纳米级分辨力检焦及间隙测量(图 21)和超精密、多自由度工件台及控制等关键技术,完成国际上首台分辨力最高的紫外超分辨光刻装备研制,其采用 365 nm 波长光源,单次曝光最高线宽分辨力达到 22 nm(约 1/17 曝光波长)。在此基础上,项目组还结合超分辨光刻装备项目开发的高深宽比刻蚀、多重图形等配套工艺,实现了 10 nm 以下特征尺寸图形的加工。

该紫外超分辨光刻装备是基于表面等离子体超衍射研制而成,打破了传统光学光刻分辨力受限于光源波长及镜头数值孔径的传统路线格局,形成了一条全新的超衍射纳米光刻从原理、装备到工艺的技术路线,具有完全自主知识产权,为超材料/超表面、第三代光学器件、广义芯片等变革性战略领域的跨越式发展提供了制造工具。利用该装备已制备出一系列纳米功能器件(图 22),包括大口径薄膜镜、超导纳米线单光子探测器、切伦科夫辐射器件、生化传感芯片、超表面成像器件等,验证了该装备纳米功能器件加工能力,已达到实用化水平^[58]。

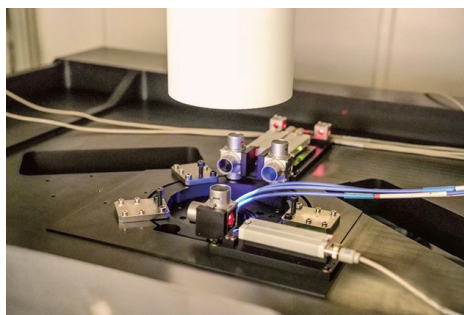


图 21 超分辨光刻装备核心部件纳米定位干涉仪及精密间隙测量系统
(图片来源:解放军报社装备发展部分社)

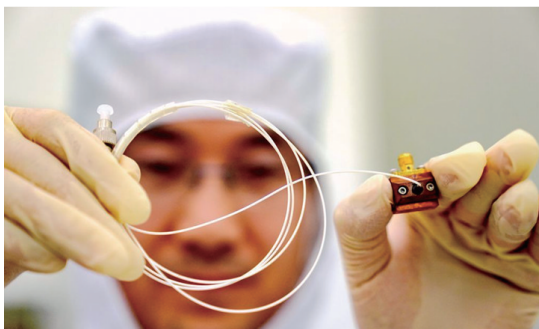


图22 利用超分辨率光刻设备加工的超导纳米线
单光子探测器

(图片来源:解放军报社装备发展部分社)

3 2018年中国重大工程进展(10项)

3.1 港珠澳大桥正式通车运营

2018年2月6日,港珠澳大桥主体工程(图23)交工验收。10月24日,港珠澳大桥正式通车运营^[59]。港珠澳大桥让珠江口天堑变通途,改变了珠三角的地理格局,香港将获得更广阔的珠江西岸腹地,粤港澳大湾区也形成了1小时生活圈。



图23 港珠澳大桥(图片来源:新华社)

港珠澳大桥于2011年1月开工,总长55 km,拥有世界上最长的沉管海底隧道,是中国建设史上里程最长、施工难度最大的跨海桥梁。工程包括3项内容:海中桥隧主体工程,香港、珠海、澳门三地口岸和连接线。海中桥隧主体工程(粤港分界线至珠海和澳门口岸段)由粤港澳三地共同建设;海中桥隧工程香港段(起自香港石散石湾,止于粤港分界线)、三地口岸和连接线由三地各自建设。

港珠澳大桥主体工程集桥、岛、隧于一体,共约29.6 km,总投资约480亿元人民币,包含九洲、江海和青州3座通航斜拉桥,约20 km的非通航孔桥,6.7 km的海底隧道,以及连接桥梁和隧道的东西两座人工

岛。大桥主体工程采用双向6车道技术标准,设计速度100 km/h^[59]。

港珠澳大桥是“一国两制”框架下粤港澳三地首次合作共建的超级跨海工程。这座世界最长的跨海大桥对香港经济发展意义重大,不仅可将香港的经济辐射力延伸至珠江西岸,更可为香港带来与珠三角腹地协同发展的新机遇^[60]。

3.2 国际大科学工程SKA首台正样样机出厂,“地球之眼”配上中国天线

2018年2月6日,由中国主导研发、被称为“地球之眼”的国际大科学工程——平方公里阵列射电望远镜(Square Kilometre Array, SKA)的首台正样样机“反射面天线样机”(SKA-P)(图24),在中国电子科技集团公司第五十四研究所出厂。标志着中国在SKA核心设备研发中开始发挥引领和主导作用,并在国际大科学工程中为世界成功提供“天线解决方案”^[61]。



图24 SKA的首台天线样机

(图片来源:人民视觉)

SKA是国际天文界正在建造的世界最大综合孔径射电望远镜,全球约有20个国家的高校和科研机构参与项目。SKA选址于澳大利亚、南非及非洲南部国家的无线电宁静区域,目标是建成总计2500套15 m口径反射面天线,其接收面积约为1 km²。SKA建成后将比目前最大的射电望远镜阵列EVLA的灵敏度提高约50倍,巡天速度提高约1万倍,为人类认识宇宙提供了重要机遇^[62]。

2013年,中国电子科技集团公司第五十四研究所和国家天文台联合成立的射电天文技术联合实验室(Joint Laboratory for Radio Astronomy Technology, JL-RAT)为SKA天线工作包联盟新的牵头单位,联合南

非、德国、意大利等国家的20家科研机构共同开展SKA反射面天线研发,并承担了SKA-P的研发工作^[62-63]。

通过5年技术攻关,JLRAT牵头联合国际团队通过标准化、模块化、精细化、一体化设计,研制出技术上满足SKA所有技术指标的SKA首台样机“SKA-P”。SKA-P包含主副两个反射面,其中主反射面是一个不规则六边形,由66块边长约3 m的三角形面板拼装而成,总面积达到235 m²。该天线的设计寿命为50年,是常规天线重量的2/3,并具备低功耗、低成本、易安装、易运输和批量生产等优点,为未来SKA项目的顺利实施奠定了强有力的基础^[62-63]。

SKA工程建设阶段分为“两步”,首先是用约3年时间建造130台天线,即“试观测阶段”,然后实现大批量生产。在第一步完成后,各成员国将按出资情况和贡献度的比例获取观测时间^[61]。

3.3 世界首台全自动干细胞诱导培养设备通过验收,智能化干细胞诱导培养设备诞生

2018年5月15日,由中国科学院广州生物医药与健康研究院承担的国家重大科研装备研制项目“全自动干细胞诱导培养设备研制”(图25)在广州顺利通过整体验收,标志着全球首台自动化无人值守、应用深度神经网络的智能化干细胞诱导培养设备诞生,对再生医学及其相关的细胞治疗领域产生重大影响^[64]。



图25 科研人员在操作全自动干细胞诱导培养设备
(图片来源:新华网)

智能化干细胞诱导培养设备占地25 m²,由自动化培养箱系统、自动化液体处理系统、显微在线观测系统、高精度克隆挑取系统、培养皿传送系统、设备控制系统6大模块组成。干细胞的重编程是从一个个体化

的矩阵培养箱开始,培养箱可并行培养24份个体化的诱导多能干细胞(induced pluripotent stem cells, iPSC)。然后,再由自动传送臂在b级环境下将6孔细胞培养板从培养箱传送至操作舱中。随后,培养板就被置入成像区。接下来,拥有1.2 μm分辨率的显微成像系统就会对其成像,整个过程不超过10 min^[65]。

该设备拥有完全自主知识产权,首次实现了以机器学习及人工智能算法为逻辑判定的细胞重编程命运的自动化诱导,建立了细胞培养、显微在线观测、移液换液、算法识别、细胞挑取及设备控制的装备技术,实现了iPSC自动化诱导培养、扩增、成像、移液换液、挑取细胞,下游分化等功能。该设备从诱导多能干细胞重编程全过程研究出发,建立全程自动化细胞培养诱导技术体系,利用人工智能机器学习辅助无损无标记分析手段,建立细胞极性变化为基础的命运调控的数学模型,从而指导细胞重编程理论在干细胞获取领域从理论模型到制备整机技术的全线突破,实现重编程多能干细胞的制备。

智能化干细胞诱导培养设备的成功研制将促进诱导多能干细胞在再生医学研究领域的实际应用,既推进了中国在干细胞装备领域的自主研发进程,又促进了中国干细胞基础研究和临床应用的快速发展,改善了中国高端生命科学仪器装备几乎依靠欧美进口的局面,为中国干细胞再生医学及精准医疗的研究奠定了基础^[64-65]。

3.4 中国超级钻机“地壳一号”以7018 m深度创造亚洲国家大陆科学钻井新纪录

2018年6月2日,由吉林大学主要承担研发的中国超级钻机“地壳一号”以钻井7018 m深度的成绩创造了亚洲国家大陆科学钻井新纪录(图26),标志着中国成为继俄罗斯和德国之后,世界上第3个拥有实施万米大陆钻探计划专用装备和相关技术的国家^[66]。

2013年,吉林大学成功研发了中国首台万米大陆科学钻探专用装备“地壳一号”万米钻机,填补了中国在深部大陆科学钻探装备领域空白,大大提高了中国超深井科学钻探装备的技术水平^[66]。2014年,松科二井开钻,目标是打穿松辽盆地白垩系,探索松辽盆地深部能源潜力,建立松辽盆地深部地层结构,寻求白垩纪气候变化地质证据,研发深部探测技术。松科二井采用国内首创的大直径同径取心钻探工具,使用钻探工具直接钻进一个大井眼,并一次性钻进至设计井眼直径,

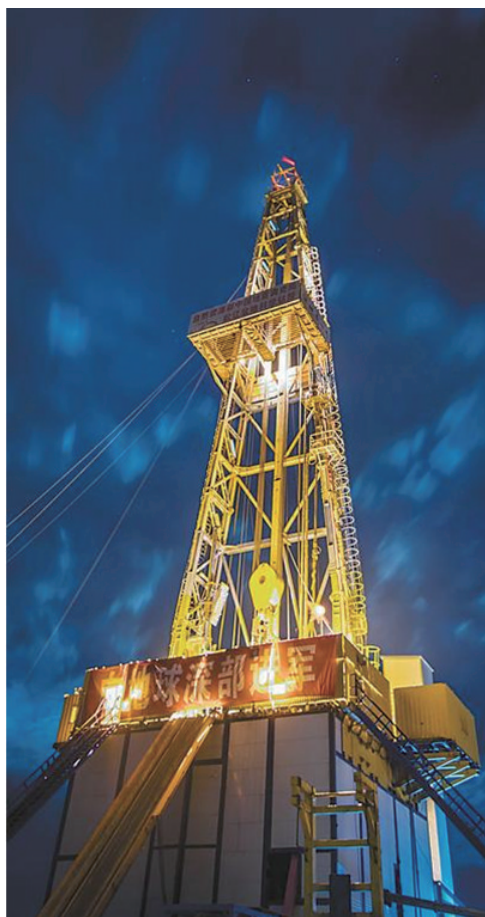


图26 “地壳一号”万米钻机整机系统
(图片来源:新华社/许畅)

攻克了大直径取心钻头破碎岩石和粗大岩心抓取、携带出井等关键技术难关。7018 m深的松科二井,属于中国实施的松辽盆地白垩系国际大陆科学钻探工程,是国际大陆科学钻探计划(International Continental Scientific Drilling Program, ICDP)实施22年以来最深钻井,也是全球首个钻穿白垩纪陆相地层的科学钻探井^[67]。

“地壳一号”的研制及应用是中国深部探测计划自主能力建设的重要突破,标志着中国地学领域对地球深部探测的“入地”计划取得重大阶段性进展,为后续国家地壳探测工程的全面实施,探求地球深部奥秘提供了高技术手段^[66]。

3.5 中国自主研发的疏浚重器“天鲲号”交付使用

2018年6月12日,首艘由中国自主设计建造的亚洲最大自航绞吸挖泥船——“天鲲号”成功完成首次试航(图27),标志着“天鲲号”向着成为一艘真正的疏浚利器迈出了关键一步^[68]。2018年9月26日,“天鲲号”交付用户,进入挖泥试验阶段,标志着中国疏浚装备研发建造能力进一步升级^[69]。



图27 “天鲲号”在海上航行
(图片来源:国家重大技术装备办公室)

“天鲲号”历时6年设计建造完工,全船长140 m,宽27.8 m,最大挖深35 m,总装机功率2.5843万kW,设计每小时挖泥6000 m³,具有大功率、大挖深、远排距的特点,是能够挖掘岩石、硬土的高端绞吸船,主要应用于航道疏浚、吹填工程等,是中国首艘采用全电力驱动的自航绞吸船^[69]。

在设计建造过程中,“天鲲号”创造了多个亚洲第一、世界第一。如挖掘功率居世界前列、亚洲第一,绞刀电机额定功率6600 kW,最大功率达9900 kW,两台驱动电机可根据挖掘功率的需要选择单机或双机运转,可根据土质变化进行绞刀的无级调速;输送系统能力世界第一,配备多台新型高效泥泵,可根据输送距离选择单泵、双泵串联和3泵串联等多种组合工作模式,泥泵电机总功率1.7万kW,最大排距15 km;最大挖掘深度居世界前列、亚洲第一,桥架重量高达1700 t,可满足挖掘高强度岩石的需要,且采用上下双耳轴形式,可实现6.5~35 m挖深范围调整;波浪补偿系统世界最大,桥架配置的波浪补偿系统液压油缸行程达4 m,且全球首创在重型自航绞吸船配置钢桩台车/三缆定位双定位系统,可保证船舶在大风浪工况下的施工安全,大幅提升施工效率。此外,“天鲲号”在疏浚三维土质建模与显示、实时潮位推算、能效管理、大数据分析和挖泥智能控制等方面持续创新,形成国际领先的新型自航绞吸船智能集成控制系统。

“天鲲号”能以6000 m³/h的速度将海沙、海水的混合物甚至深海岩石粉碎吸出并排放到最远15 km外的海域,它的成功研制填补了中国设计建造重型自航绞吸船的空白,使中国挖泥船设计和建造技术跻身世界前列,为中国远洋填海作业和航道疏浚提供了重要支撑^[69]。

3.6 全球首台 AP1000 三代核电机组成功并网发电

2018年6月30日,采用AP1000三代核电技术建造的全球首台核电机组——三门核电1号机组首次并网成功(图28),各项技术指标均符合设计要求,机组状态控制良好,标志着机组建设正式进入并网调试阶段,为后续开展各功率平台瞬态试验和按期投入商业运营打下坚实基础^[70]。



图28 三门核电1号机组
(图片来源:中国科学技术部网站)

三门核电 AP1000 自主化依托项目于 2009 年 4 月开工建设,是“大型先进压水堆及高温气冷堆核电站”国家科技重大专项压水堆分项的重要建设任务。三门核电 AP1000 自主化依托项目采用从美国西屋公司引进的 AP1000 核电技术,由国家核电技术公司负责技术引进、消化、吸收和再创新,并实施核岛总承包^[70]。

2018 年 4 月 25 日,三门核电 1 号机组开始首次装料,6 月 21 日反应堆首次达到临界,6 月 27 日首次利用核蒸汽成功冲转汽轮机至额定转速,并顺利完成汽轮机组试验和发电机并网前各项试验。在并网之后,1 号机组进入带负荷试运行状态,并继续进行负荷试验、瞬态试验等相关试验项目,为商业运营作最后冲刺。

相比于已经投入使用的“二代”或“二代+”核电机组,AP1000 在安全性上有大幅的提升。设计上采用先进的“非能动”理念,在发生事故时,可依靠重力、对流等自然界存在的物理现象对反应堆进行冷却。反应堆厂房具备抵抗大型商用飞机直接撞击的能力^[70-71]。

3.7 世界首座大跨度高铁斜拉桥成功合龙,设计时速达 350 km/h

2018 年 8 月 31 日,世界首座设计时速 350 km/h 的大跨度高速铁路斜拉桥——昌赣高铁赣江特大桥成功合龙(图29)。中国高铁大跨斜拉桥梁建设突破技术瓶颈,时速从 250 km/h 提升至 350 km/h^[72]。



图29 昌赣高铁赣江特大桥合龙
(图片来源:新华网)

铁路荷载大,导致主梁受力大、疲劳效应显著,在桥上通行高速列车,对桥梁结构刚度、徐变变形、动力性能等要求极高。而斜拉桥属于柔性结构,在荷载作用下变形较大。受技术限制,中国高铁大跨斜拉桥最高设计时速为 250 km/h。如何实现桥梁既轻盈又能适应高速列车平稳运行,是赣州赣江桥设计的关键。

赣州赣江特大桥位于赣江支流章江、贡江两江汇合口下游 1.9 km 处,赣州赣江特大桥全长 2.156 km,主桥采用主跨 300 m 组合梁斜拉桥,主跨塔底以上索塔全高 120.6 m,是设计时速达到 350 km/h 的跨度最大的桥梁。

昌赣高铁赣州赣江特大桥结构复杂、技术难度大,是昌赣高铁的重难点及控制性工程之一。设计施工中实现了 4 个全国首次:首次将索塔钢锚箱结构应用于高速铁路大跨度斜拉桥;首次将锚拉板应用于高速铁路大跨度斜拉桥;首次将箱形钢-混凝土组合梁用于高速铁路大跨度斜拉桥;首次在高速铁路大跨度斜拉桥上运用新型的钢-混结合段构造连接技术^[73]。

昌赣高铁全长约 416 km,是规划中京九高铁的重要组成部分。昌赣高铁建成后,将与昌九城际铁路、昌福铁路、赣瑞龙铁路、沪昆高铁等线路共同构成江西省快速铁路主骨架。这条铁路通车后,南昌至赣州最短铁路旅行时间将缩短至 1.5 h 左右,为推动赣南等原中央苏区振兴发展发挥重要作用^[73]。

3.8 国产大型水陆两栖飞机 AG600 成功实现水上首飞起降

2018 年 10 月 20 日,国产大型水陆两栖飞机“鲲龙”AG600 在湖北荆门漳河机场成功实现水上首飞起降(图30)。“鲲龙”AG600 填补了中国在大型水陆两栖飞机的研制空白,为中国大飞机家族再添一名强有力的“重量级选手”^[74]。



图30 “鲲龙”AG600在水上滑行
(图片来源:新华网)

AG600飞机是中国首次按照中国民航适航规章要求自主研发的大型特种用途飞机,也是目前世界上在研最大的水陆两栖飞机。2016年7月,AG600飞机总装下线,2017年12月在珠海成功实现陆上首飞^[75]。

为满足“既能在陆地上起降,又能在水面上起降”的特性,AG600飞机机身下部设计成“V”型高抗浪船型机身,可在水源与火场之间多次往返投水灭火,一次最多可汲水12 t,可在距离树梢30~50 m高度进行投水。此外,AG600还具有航程远、续航时间长的特点。除在水面低空搜索外,还可在2 m高海浪的复杂气象条件下实施水面救援行动,水上应急救援可以一次性救护50名遇险人员,AG600的问世为中国提供了开展中远海上救援、远洋航行安全巡护的有效手段^[74]。

AG600坚持自主创新,以国内供应商配套为主,全机5万多个结构及系统零部件中98%由国内供应商提供,全机机载成品95%以上为国产产品。AG600选装4台国产涡桨6发动机,外部尺寸与波音737相当,最大起飞重量53.5 t,是中国为满足森林灭火和水上救援的迫切需要,首次研制的大型特种用途民用飞机,是国家应急救援体系建设急需的重大航空装备,对提升国产民机产品供给能力和水平、促进中国应急救援航空装备体系建设、助推海洋强国建设具有重大意义^[76]。

3.9 3个E级超算原型机系统完成交付,中国超算实现“三头并进”

2018年10月22日,由中科曙光牵头研制的曙光E级原型机系统完成交付。至此,国家“十三五”高性能计算专项课题3个E级超算的原型机系统——神威E级原型机、“天河三号”E级原型机和曙光E级原型机系统全部完成交付,预示着中国E级计算机进入实质性研发阶段^[77]。

E级超级计算机即百亿亿次超级计算机,它的运算能力将在现有超算基础上跨上一个新的台阶,是各国高端信息技术创新和竞争的制高点。在国家“十三五”高性能计算专项课题中,中科曙光、国防科技大学和江南计算技术研究所同时获批进行E级超算的原型机系统研制项目,形成了中国E级超算“三头并进”的局面。此次交付的中科曙光的E级超算原型机采用了自主X86架构处理器和加速器的异构众核体系架构。曙光E级原型机系统在完成交付后,预计将部署在国家超算上海中心和国家超算深圳中心。

2018年7月26日,“天河三号”E级原型机(图31)研制成功并完成课题验收,这一原型机系统”实现了4大自主创新,即3款芯片——“迈创”众核处理器(Matrix-2000+)、互连接口芯片、路由器芯片;4类计算、存储和服务结点,10余种印制电路板(printed circuit board, PCB);新型的计算处理、高速互连、并行存储、服务处理、监控诊断、基础架构等硬件分系统;系统操作、并行开发、应用支撑和综合管理等软件分系统^[78]。



图31 “天河三号”E级原型机
(图片来源:新华网)

2018年8月5日,神威E级超算原型机(图32)在国家超级计算济南中心完成部署,并正式启用。这一原型机的系统软件,由完全自主研发的神威睿思操作系统、神威睿智编译器构建。运算系统全部采用“神威26010+”众核处理器,高速互连网络系统全部采用神威网络交换芯片、神威信息处理芯片,这些关键部件均具备完全自主知识产权。存储和管理系统由神威多核处理器构建,实现对该领域产品的国产化替代^[79]。

新一代百亿亿次超级计算机的研制计划是国际高端信息技术创新和竞争的前沿。美国和日本均已提出E级超级计算机的研制计划,拟在2020年或之后完成研制。中国的百亿亿次超级计算机的研制也已提上日程。E级原型机系统的研制成功可以验证一些关键的



图32 神威E级原型机

(图片来源:新华网)

技术设想,对一些关键技术难点进行测试和改进,为最后建造全部的系统扫清障碍,避免出现大的技术错误和难题^[77]。

3.10 “嫦娥四号”开启人类首次月球背面软着陆探测之旅

2018年12月8日2:23,中国在西昌卫星发射中心用长征三号乙运载火箭成功发射“嫦娥四号”探测器(图33)。12月12日,“嫦娥四号”探测器经过约110 h的奔月飞行,到达月球附近,成功实施近月制动,顺利完成“太空刹车”,被月球捕获,进入了近月点约100 km的环月轨道。12月30日8:55,“嫦娥四号”探测器在环月轨道成功实施变轨控制,顺利进入预定的月球背面着陆准备轨道,中国进入探月新征程^[80]。

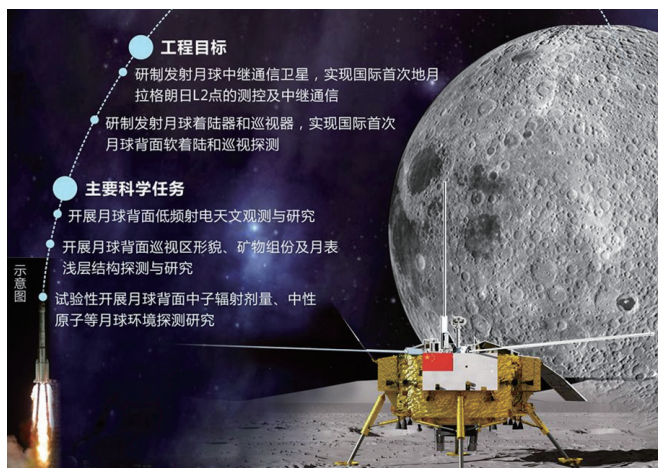


图33 “嫦娥四号”探测工程示意

(图片来源:新华网)

2018年5月21日5:28,中国在西昌卫星发射中心用长征四号丙运载火箭,成功将“嫦娥四号”中继星“鹊桥”发射升空。这是世界首颗运行于地月拉格朗日L2

点(简称地月L2点)的通信卫星,为“嫦娥四号”月球背面软着陆探测任务提供地月间的中继通信^[81]。12月12日,“嫦娥四号”探测器进入环月轨道后,与“鹊桥”进行了4次中继链路测试,开展了激光测距、三维成像、微波测距测速等导航敏感器在轨测试。

目前“嫦娥四号”探测器已经成功着陆在月球背面预选着陆区——南极-艾特肯盆地内的冯·卡门撞击坑内,这是人类航天器首次在月球背面软着陆。“嫦娥四号”探测器也传回了世界第一张近距离拍摄的月背影像图,标志着中国开启月球探测新征程。

“嫦娥四号”探测器将择机实施着陆器与巡视器分离,利用地形地貌相机等科学设备展开巡视探测和就位探测。“嫦娥四号”探测器还携带了多台国际合作载荷和月表生物科普试验载荷,为中外科学家探索太空提供了机会。

致谢 本次遴选,“2018年重大科学进展”候选条目,是从中国科学技术部基础研究管理中心主办,《中国基础科学》《科技导报》《中国科学院院刊》《中国科学基金》《科学通报》协办的2018年度“中国科学十大进展”候选条目中产生的。

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] 朱宇, 苏青, 陈广仁, 等. 2011年中国重大科学、技术和工程进展[J]. 科技导报, 2012, 30(3): 15-25.
- [11] 朱宇, 陈广仁, 苏青, 等. 2012年中国重大科学、技术和工程进展[J]. 科技导报, 2013, 31(3): 15-27.

- [12] 朱宇, 陈广仁, 史永超, 等. 2013年中国重大科学、技术和工程进展[J]. 科技导报, 2014, 32(3): 15-24.
- [13] 陈广仁, 吴晓丽, 刘志远, 等. 2014年中国重大科学、技术和工程进展[J]. 科技导报, 2015, 33(2): 15-28.
- [14] 陈广仁, 吴晓丽, 刘志远, 等. 2015年中国重大科学、技术和工程进展[J]. 科技导报, 2016, 34(3): 13-29.
- [15] 陈广仁, 刘志远, 田恬, 等. 2016年中国重大科学、技术和工程进展[J]. 科技导报, 2017, 35(3): 13-28.
- [16] 陈广仁, 刘志远, 田恬, 等. 2017年中国重大科学、技术和工程进展[J]. 科技导报, 2018, 36(3): 8-26.
- [17] 潘登科. 克隆猴在中国率先突破, 到底靠的是什麼[J]. 科技导报, 2018, 36(5): 23-27.
- [18] David C. Monkeys cloned in China[J]. Nature, 2018, 553: 387-388.
- [19] Zhen L, Cai Y, Yan W, et al. Cloning of macaque monkeys by somatic cell nuclear transfer[J]. Cell, 2018, 172(4): 1-7.
- [20] Li K, Zhou T, Liao L, et al. Beta CaMKII in lateral habenula mediates core symptoms of depression[J]. Science, 2013, 341(6149): 1016-1020.
- [21] 胡海岚. 揭开情绪背后的脑神经奥秘[J]. 科技导报, 2016, 34(19): 173-173.
- [22] Yang Y, Cui Y, Sang K, et al. Ketamine blocks bursting in the lateral habenula to rapidly relieve depression[J]. Nature, 2018, 554(7692): 317-322.
- [23] Cui Y, Yang Y, Ni Z, et al. Astroglial Kir4.1 in the lateral habenula drives neuronal bursts in depression[J]. Nature, 2018, 554(7692): 323-327.
- [24] 国家纳米中心等医学纳米机器人肿瘤治疗研究中取得进展[EB/OL]. (2018-03-08)[2019-02-12]. http://www.cas.cn/syky/201803/t20180308_4637525.shtml.
- [25] Li S, Jiang Q, Liu S, et al. A DNA nanorobot functions as a cancer therapeutic in response to a molecular trigger *in vivo* [J]. Nature Biotechnology, 2018, 36(3): 258-264.
- [26] 曹雪涛团队发现晚期癌症恶化新机制[N]. 中国科学报, 2018-04-02(1).
- [27] Han Y, Liu Q, Hou J, et al. Tumor-induced generation of splenic erythroblast-like ter-cells promotes tumor progression [J]. Cell, 173(3): 634-648.
- [28] 中科院广州地化所等新的发现将蓝田猿人的年代向前推进近 50 万年[EB/OL]. (2014-12-01)[2019-02-12]. http://www.gig.cas.cn/xwdt/kydt/201809/t20180908_5067151.html.
- [29] 中科院广州地化所发现中国黄土高原 212 万年以来的上陈旧石器遗址[EB/OL]. (2018-07-12)[2019-02-12]. http://www.gig.cas.cn/xwdt/kydt/201809/t20180908_5067554.html.
- [30] Zhu Z, Dennell R, Huang W, et al. Hominin occupation of the Chinese Loess Plateau since about 2.1 million years ago [J]. Nature, 2018, 559(7715): 608-612.
- [31] 覃重军: 把复杂生命变简单[N]. 科技日报, 2018-08-20(5).
- [32] Shao Y Y, Lu N, Wu Z F, et al. Creating a functional single-chromosome yeast[J]. Nature, 2018, 560(7718): 331-335.
- [33] 万有引力常数 G 的前世今生[EB/OL]. (2018-08-30)[2019-02-12]. <http://ggg.hust.edu.cn/info/1034/2548.htm>.
- [34] Li Q, Xue C, Liu J P, et al. Measurements of the gravitational constant using two independent methods[J]. Nature, 2018, 560(7720): 582-588.
- [35] 我国科学家揭示富锂巨星起源的一个可能机制[EB/OL]. (2018-09-11)[2019-02-12]. http://www.most.gov.cn/gnwkjdt/201809/t20180911_141660.htm.
- [36] Yan H L, Shi J R, Zhou Y T, et al. The nature of the lithium enrichment in the most Li-rich giant star[J]. Nature Astronomy, 2018, 2(10): 790-795.
- [37] 黄维院士、王建浦教授团队成功研制全世界最高效的钙钛矿 LED[EB/OL]. (2016-09-27)[2019-02-12]. <http://sicoid.njupt.edu.cn/2016/1118/c7283a81053/page.htm>.
- [38] Wang N, Cheng L, Ge R, et al. Perovskite light-emitting diodes based on solution-processed self-organized multiple quantum wells[J]. Nature Photonics, 2016, 10: 699-704.
- [39] Cao Y, Wang N, Tian H, et al. Perovskite light-emitting diodes based on spontaneously formed submicrometre-scale structures[J]. Nature, 2018, 562(7726): 249-253.
- [40] 《自然》报道黄维院士团队钙钛矿发光二极管研究新成果[EB/OL]. (2018-10-11)[2019-02-12]. <http://sicoid.njupt.edu.cn/2018/1221/c7283a140492/page.htm>.
- [41] 铁基超导体中马约拉纳束缚态的发现[EB/OL]. (2018-08-17)[2019-02-12]. http://www.iop.cas.cn/xwx/kydt/201808/t20180817_5056877.html.
- [42] Wang D F, Kong L Y, Fan P, et al. Evidence for Majorana bound states in an iron-based superconductor[J]. Science, 2018, 362(6412): 333-335.
- [43] Liao S K, Cai W Q, Handsteiner J, et al. Satellite-relayed intercontinental quantum network[J]. Physical Review Letters, 2018, 120(3): 030501.
- [44] “墨子号”量子卫星成功实现洲际量子密钥分发[EB/OL]. (2018-01-22)[2019-01-31]. http://m.cas.cn/kyjz/201801/t20180122_4633242.html.
- [45] 我国新一代氢原子、铷原子钟技术指标达国际先进 同步应用于北斗三号导航卫星[EB/OL]. (2018-01-18)[2019-01-18]. http://www.xinhuanet.com/tech/2018-01/18/c_112227832-0.htm.
- [46] Ma Q, Ma Y, Dai X, et al. Regeneration of functional alveoli by adult human SOX₉⁺ airway basal cell transplantation[J]. Protein & Cell, 2018, 9(3): 267-282.
- [47] 同济大学研究团队实现全球首例人类肺脏再生[EB/OL]. (2018-02-19)[2019-01-31]. <http://www.sh.chinanews.com/yjk/2018-02-09/35205.shtml>.
- [48] 中国电科 38 所发布“魂芯二号 A”芯片[EB/OL]. (2018-04-

- 26][2019-01-31]. http://www.hefei.gov.cn/xwzxd/csb/201804/t20180426_2547231.html.
- [49] Lin Z H, Xu X B, Zhao S, et al. Total synthesis and antimicrobial evaluation of natural albomycins against clinical pathogens[J]. *Nature Communications*, 2018, 9(1): 3445
- [50] 重庆大学贺耘团队发现有潜力的新型抗生素[EB/OL]. (2018-09-16)[2019-01-31]. <http://news.sciencenet.cn/htmlpaper/20189131516152647302.shtm>.
- [51] Meng L X, Zhang Y M, Wan X J, et al. Organic and solution-processed tandem solar cells with 17.3% efficiency[J]. *Science*, 2018, 361(6407): 1094-1098.
- [52] 南开大学陈永胜教授团队有机太阳能电池研究获突破[EB/OL]. (2018-08-13)[2019-01-31]. <http://www.chinadevelopment.com.cn/news/zj/2018/08/1329308.shtml>.
- [53] 中国运载火箭垂直回收技术验证飞行试验取得成功[EB/OL]. (2018-10-31)[2019-01-31]. http://www.xinhuanet.com/politics/2018-10/31/c_1123637855.htm.
- [54] Guo Y T, Li D, Zhang S W, et al. Visualizing intracellular organelle and cytoskeletal interactions at nanoscale resolution on millisecond timescales[J]. *Cell*, 2018, 175(5): 1430-1442.
- [55] 李栋课题组开发新型超分辨成像技术揭示细胞器互作新现象[EB/OL]. (2018-10-29)[2019-01-31]. http://www.ibp.cas.cn/kyjz/zxdt/201810/t20181029_5151247.html
- [56] Lei Z F, Liu X J, Wu Y, et al. Enhanced strength and ductility in a high-entropy alloy via ordered oxygen complexes[J]. *Nature*, 2018, 563(7732): 546-550.
- [57] 吕昭平教授团队再次在国际顶级期刊《Nature》发表学术论文[EB/OL]. (2018-11-19)[2019-01-31]. <http://news.ustb.edu.cn/xinwendao/2018-11-15/69465.html>.
- [58] 中国研制成功世界首台分辨力最高紫外超分辨光刻装备[EB/OL]. (2018-11-29)[2019-01-31]. http://tech.gmw.cn/2018-11/29/content_32072657.htm.
- [59] 邓媛雯. 港珠澳大桥主体工程完成交工验收 具备通车试运营条件[EB/OL]. (2018-02-06) [2018-12-23]. <http://news.sciencenet.cn/htmlnews/2018/2/402382.shtm>.
- [60] 港珠澳大桥为香港经济发展“铺路搭桥”[EB/OL]. (2018-10-24)[2018-12-25]. <http://finance.sina.com.cn/china/2018-10-24/doc-ifxeuws7753401.shtml>.
- [61] 赵永新. 厉害了, 中国科技: 地球之眼有了中国天线[N]. 人民日报, 2018-02-07(12).
- [62] 王雪姣, 庄芳. 国际大科学工程SKA 首台天线在华启动[EB/OL]. (2018-02-06)[2018-12-21]. <http://news.sciencenet.cn/htmlnews/2018/2/402373.shtm>.
- [63] 陈芳, 胡喆, 白林. 探秘宇宙新步伐: 为“世界巨眼”装上“中国之眸”[EB/OL]. (2018-02-06)[2018-12-23]. <http://news.sciencenet.cn/htmlnews/2018/2/402380.shtm>.
- [64] 朱汉斌, 黄博纯. 世界首台全自动干细胞诱导培养设备通过验收[EB/OL]. (2018-05-16) [2018-12-27]. <http://news.sciencenet.cn/htmlnews/2018/5/412279.shtm>.
- [65] 吴月辉. 世界首台全自动化干细胞诱导培养设备通过验收[N]. 人民日报, 2018-05-16(12).
- [66] 高楠, 孟含琪. 7018 米! 中国科学家“向地球深部进军”[EB/OL]. (2018-06-03)[2018-12-21]. <http://news.sciencenet.cn/htmlnews/2018/6/413625.shtm>.
- [67] 常钦. 亚洲最深科学钻探井完井入地 7018 米[EB/OL]. (2018-05-27) [2018-12-21]. <http://news.sciencenet.cn/htmlnews/2018/5/413263.shtm>.
- [68] 毛振华, 王晖. 我国自主研发的疏浚重器“天鲲号”首次试航成功[EB/OL]. (2018-06-13)[2018-12-20]. <http://news.sciencenet.cn/htmlnews/2018/6/414274.shtm>.
- [69] 亚洲最大自航绞吸挖泥船“天鲲号”实现交付[EB/OL]. (2018-10-17)[2018-12-20]. <http://www.miit.gov.cn/n1146285/n1146352/n3054355/n3057585/n3057597/n3057599/c643510-8/content.html>.
- [70] 全球首台 AP1000 三代核电机组成功并网发电[EB/OL]. (2018-06-30)[2018-12-26]. <http://m.news.cctv.com/2018/06/30/ARTINZkxTof88LNTUMLmqPCi180630.shtml>.
- [71] 全球首台 AP1000 三门核电 1 号机组一次并网发电成功[EB/OL]. (2018-07-18) [2018-12-22]. <http://www.jxnpc.com.cn/ReadNews.asp?NewsId=13332>.
- [72] 齐中熙, 许鹏健. 昌赣高铁赣州赣江特大桥成功合龙[EB/OL]. (2018-08-31)[2018-12-24]. http://www.xinhuanet.com/fortune/2018-08/31/c_1123358863.htm.
- [73] 全国首座大跨度高铁斜拉桥——昌赣高铁赣州赣江特大桥成功合龙[EB/OL]. (2018-08-31)[2018-12-20]. http://economy.gmw.cn/2018-08/31/content_30902156.htm.
- [74] 胡喆, 李劲峰. 国产大型水陆两栖飞机“鲲龙”AG600 在湖北荆门成功水上首飞[EB/OL]. (2018-10-20)[2018-12-16]. <http://news.sciencenet.cn/htmlnews/2018/10/418847.shtm>.
- [75] 国产大型水陆两栖飞机 AG600 水上首飞成功[EB/OL]. (2018-10-20)[2018-12-16]. <http://news.cctv.com/2018/10/20/ARTIbu01F7gP4EGEab4nZPAE181020.shtml>.
- [76] 皮曙初, 胡喆, 李劲峰. 会“游”的飞机、会“飞”的船——国产大型水陆两栖飞机 AG600 水上首飞三大看点[EB/OL]. (2018-10-20)[2018-12-16]. <http://news.sciencenet.cn/htmlnews/2018/10/418856.shtm>.
- [77] 周润健. 我国三个 E 级超算原型机系统均完成交付 部署在多个超算中心[EB/OL]. (2018-10-22)[2018-12-20]. <http://news.sciencenet.cn/htmlnews/2018/10/418951.shtm>.
- [78] 张强, 孙玉松, 于冬阳. “天河三号”E 级原型机完成研制部署[EB/OL]. (2018-07-27) [2018-12-27]. <http://news.sciencenet.cn/htmlnews/2018/7/416002.shtm>.
- [79] 瞄准超算皇冠: 神威 E 级超算原型机正式启用[EB/OL]. (2018-08-06) [2018-12-23]. <http://military.people.com.cn/n1/2018/0806/c1011-30211163.html>.
- [80] 甘晓, 叶雨恬. 嫦娥四号探测器成功实施环月降轨控制[EB/

OL]. (2018-12-30)[2019-01-02]. <http://news.sciencenet.cn/htmlnews/2018/12/421561.shtm>.

桥”[EB/OL]. (2018-05-21)[2018-12-15]. <http://news.sciencenet.cn/htmlnews/2018/5/412761.shtm>.

[81] 国龙, 余晓洁. 嫦娥四号中继星成功发射 将搭建地月“鹊

Top advances of science, technology and engineering from China in 2018

CHEN Guangren, LIU Zhiyuan, TIAN Tian, ZHU Yehua

Editorial Department of *Science & Technology Review*, Beijing 100081, China

Abstract Based on the event every year for selecting the annual top advances in science, technology and engineering held by Editorial Department of *Science & Technology Review*, top 10 scientific achievements, top 10 technological achievements and top 10 engineering achievements from China in 2018 during January 1 to December 31, are selected respectively from a lot of scientific researches published in influential academic journals and scientific newspapers. The selection procedure involved screening and recommending candidate internally, followed by appraisal from experts including editorial board members and external reviewers. These achievements are introduced as the time sequence of publishing.

Keywords China; major advance of science; major advance of technology; major advance of engineering ●



(责任编辑 王志敏)