

· 成果快报 ·

2020 年度中国科学十大进展

2021 年 2 月 27 日,科学技术部高技术研究发展中心(基础研究管理中心)发布了 2020 年度中国科学十大进展:我国科学家积极应对新冠肺炎疫情取得突出进展、嫦娥五号首次实现月面自动采样返回、“奋斗者”号创造中国载人深潜新纪录、揭示人类遗传物质传递的关键步骤、研发出具有超高压电性能的透明铁电单晶、2020 珠峰高程测定、古基因组揭示近万年来中国人群的演化与迁徙历史、大数据刻画迄今最高精度的地球 3 亿年生物多样性演变历史、深度解析多器官衰老的标记物和干预靶标、实验观测到化学反应中的量子干涉现象等 10 项重大科学进展入选。

“中国科学十大进展”遴选活动由科学技术部高技术研究发展中心(基础研究管理中心)牵头举办,至今已成功举办 16 届,旨在宣传我国重大基础科学研究进展,激励广大科技工作者的科学热情和奉献精神,开展基础研究科学普及,促进公众理解、关心和支持基础研究,在全社会营造良好的科学氛围。

“中国科学十大进展”遴选程序分为推荐、初选和终选 3 个环节。2020 年度,《中国基础科学》《科技导报》《中国科学院院刊》《中国科学基金》和《科学通报》等 5 家编辑部共推荐了 286 项科学研究进展,所推荐的科学进展皆是在 2019 年 12 月 1 日至 2020 年 11 月 30 日期间正式发表或完成的研究成果。

2020 年 12 月,科学技术部高技术研究发展中心(基础研究管理中心)组织召开了 2020 年度中国科学十大进展初选会议,按照推荐科学进展的学科分布,分成数理和天文科学、化学和材料科学、地球和环境科学、生命和医学科学等 4 个学科组,邀请专家从推荐的科学进展中遴选出了 31 项进展进入终选。终选采取网上投票方式,邀请中国科学院院士、中国工程院院士、国家重点实验室主任、部分国家重点研发计划总体专家组专家和项目负责人等 3 200 余名专家学者对 31 项候选进展进行网上投票,得票数排名前 10 位的进展入选 2020 年度中国科学十大进展。

1 我国科学家积极应对新冠肺炎疫情取得突出进展

面对突如其来的新冠肺炎疫情,我国科学家认真贯彻落实习近平总书记关于疫情防控的重要讲话和一系列重要指示批示精神,在中央应对疫情工作领导小组和国务院联防联控机制统筹下,团结协作,争分夺秒,取得了一系列突出进展,为打赢疫情防控阻击战提供了重要的科学支撑。

在病原学和流行病学方面,第一时间分离鉴定出新冠病毒毒株并向世界卫生组织共享了病毒全基因组序列,为诊断技术的快速推进和药物疫苗开发奠定基础;阐明了新冠病毒入侵细胞的关键机制;持续深化病毒传播途径研究,为防控策略的优化提供科技支撑;定量评估了我国防控措施的效果。

在检测试剂研发和动物模型方面,在疫情之初迅速研发了新冠核酸诊断试剂,并研发了免疫检测试剂,为病原检测提供了强有力的支撑;构建了小鼠、猴感染新冠病毒的动物模型,为药物筛选、疫苗研发以及病毒传播机制的研究提供支撑。

在药物和临床救治方面,揭示了新冠临床特征,在没有特效药的情况下,实行中西医结合,先后推出八版全国新冠肺炎诊疗方案,筛选出“三药三方”等临床有效的中药西药和治疗办法,被多个国家借鉴和使用;解析了新冠病毒及关键蛋白质的结构,揭示了一批中西药的作用机制;提出了建立方舱医院、开展大规模核酸检测、大数据追踪溯源等科学防控方案,提高了收治率和治愈率,降低了感染率和病亡率。

在疫苗和中和性抗体研发方面,同时开展了灭活疫苗、病毒载体疫苗、蛋白亚单位疫苗、核酸疫苗等的研发,腺病毒载体疫苗在全球率先开展 1 期临床试验,灭活疫苗在全球率先开展 3 期临床试验,并获批附条件上市;鉴定并创制靶向新冠刺突蛋白 S 和受体结合域 RBD 的一系列中和单克隆抗体,形成抗病毒“鸡尾酒”中国抗体组合方案。

我国科学家通过不懈努力和无私奉献,通过严谨高效的科研工作,为我国取得抗击新冠肺炎疫情斗争重大战略成果提供了强大科学支撑。



图1 新型冠状病毒灭活疫苗

2 嫦娥五号首次实现月面自动采样返回

11月24日,嫦娥五号探测器在海南文昌航天发射场发射,由长征五号运载火箭直接送入地月转移轨道;此后,探测器经历地月转移、近月制动、环月飞行、月面着陆、月面采样封装、月面起飞、月球轨道交会对接与样品转移、月地入射、月地转移和再入回收等飞行阶段,历时23天嫦娥五号返回器携带月球样品在内蒙古四子王旗预定区域安全着陆。中共中央总书记、国家主席、中央军委主席习近平致电,代表党中央、国务院和中央军委,祝贺探月工程嫦娥五号任务取得圆满成功。

作为我国复杂度最高、技术跨度最大的航天系统工程,嫦娥五号首次完成了地外天体采样与封装、首次地外天体表面起飞、首次无人月球轨道交会对接与样品转移、首次月地入射并携带月球样品高速



图2 嫦娥五号探测器

再入返回地球等我国航天史上多个重大技术突破,最终实现了我国首次地外天体采样返回。嫦娥五号月面自动采样返回任务的圆满成功,标志着我国探月工程绕、落、回三步走规划的圆满收官,是中国航天向前迈进的一大步,将为深化人类对月球成因和太阳系演化历史的科学认知做出贡献。

3 “奋斗者”号创造中国载人深潜新纪录

“奋斗者”号全海深载人潜水器研制是我国“十三五”深海关键技术与装备领域的重大攻关任务,于2016年立项启动。2020年6月,“奋斗者”号完成总装集成与水池试验。2020年7月,“奋斗者”号完成第一阶段海试,共计下潜17次,最大下潜深度4548米。2020年10月10日,“奋斗者”号启航赴马里亚纳海沟开展第二阶段海试,期间共计完成13次下潜,其中11人24人次参与了8个超过万米深度的深潜试验。11月10日8时12分,“奋斗者”号创造了10909米的中国载人深潜深度纪录。

中国船舶七〇二所是“奋斗者”号研制的牵头单位,在潜水器的总体设计、关键技术研发、集成建造及试验验证等工作中发挥了核心作用,创建了独立自主的全海深载人深潜装备设计技术体系,构建了稳定可靠的高标准、规范化的试验、检测与应用体系,进一步在潜水器总体设计与优化、系统调试与仿真、深海作业等关键技术方面取得重大突破,国际上首次攻克高强高韧钛合金材料制备和焊接技术,实

现万米级浮力材料固化成型新工艺自主可控,潜水器动力、推进器、水声通信、智能控制等核心技术水平进一步提升。

“奋斗者”号作为当前国际唯一能同时携带 3 人多次往返全海深作业的载人深潜装备,其研制及海试的成功,显著提升了我国深海装备技术的自主创新水平,使我国具有了进入世界海洋最深处开展科学探索和研究的能力,体现了我国在海洋高技术领域的综合实力,是我国深海科技探索道路上的重要里程碑。

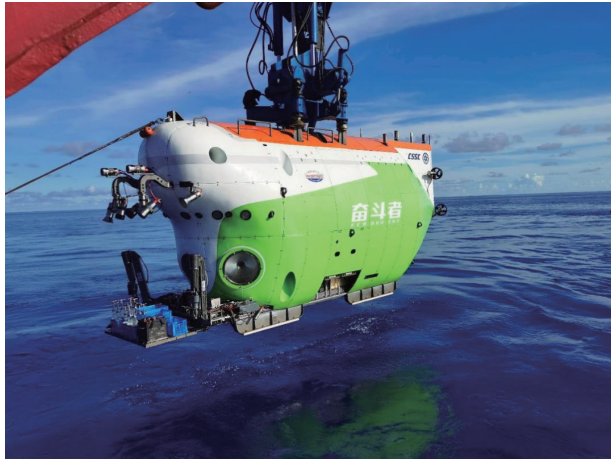


图 3 “奋斗者”号全海深载人潜水器

4 揭示人类遗传物质传递的关键步骤

DNA 复制是人类遗传物质在细胞之间得以精确传递的基础,人们对高等生物中识别 DNA 复制起始位点的具体过程并不清楚,这在一定程度上也阻碍了人们对癌症发生发展机制的理解。中国科学院生物物理研究所李国红团队及其合作者揭示了一种精细的 DNA 复制起始位点的识别调控机制。该研究发现,组蛋白变体 H2A. Z 能够通过结合组蛋白甲基化转移酶 SUV420H1,促进组蛋白 H4 的第二十位氨基酸发生二甲基化修饰。而带有二甲基化修饰的 H2A. Z 核小体能进一步招募复制起始位点识别蛋白,从而帮助 DNA 复制起始位点的识别。该研究进一步发现,被 H2A. Z-SUV420H1-H4K20me2 通路调控的复制起始位点具有很强的复制活性,并偏向在复制期早期被激活使用。在癌细胞中破坏该调控机制后,癌细胞的 DNA 复制和细胞生长都受到了抑制。在 T 细胞中破坏该调控机制后,T 细胞的免疫激活也受到了抑制。该研究阐述了一个新颖的由 H2A. Z 介导的 DNA 复制表观遗传调控机制,对理解高等生物 DNA 复制起始位点的识别提供了新的视角,为解决长期存在的真核细胞 DNA 复制起始点选择启动问题做出了重要贡献。

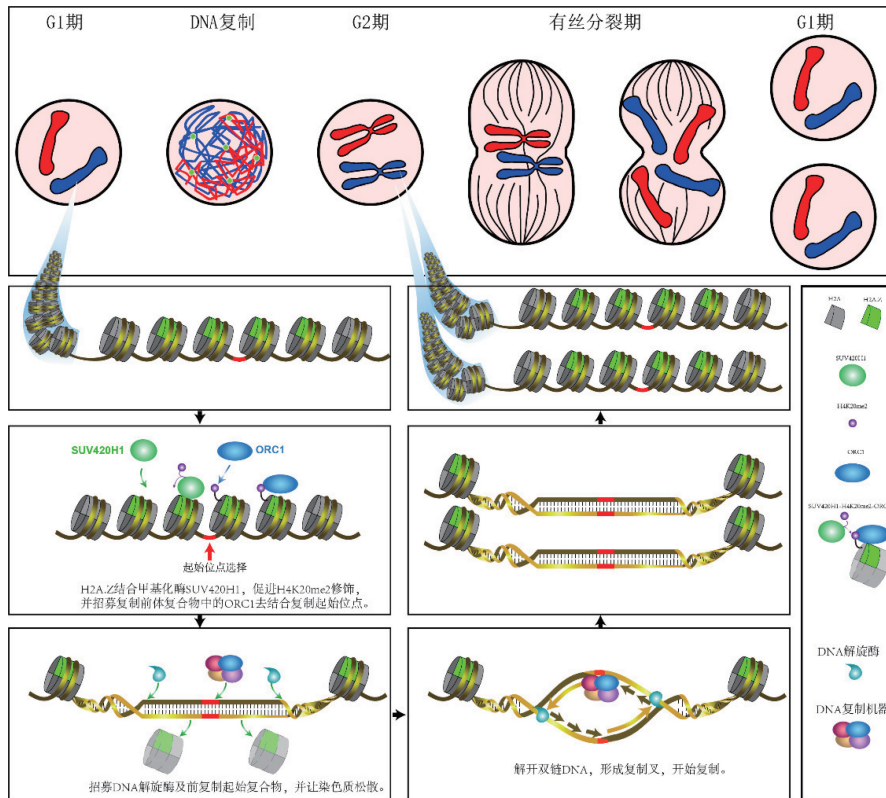


图 4 DNA 复制起始调控的表观遗传机制

5 研发出具有超高压电性能的透明铁电单晶

弛豫铁电单晶 $[\text{Pb}(\text{Mg}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3\text{-PbTiO}_3$, PMN-PT]具有优异的压电效应,已广泛应用于超声成像、声呐装备和微电子机械系统(MEMS)等领域。然而,自其发现 20 多年以来,压电性能就再没有新的突破,并且由于铁电畴壁的存在,导致其透光率低,无法满足当前压电器件多功能、高灵敏度的发展需求,急需新的理论和设计方法。西安交通大学徐卓教授研究团队揭示了弛豫铁电单晶高压电效应的起源,研发出了钐掺杂的 PMN-PT 单晶,其压电性能超过 4 000 pC/N,相比未掺杂单晶提高了一倍。在此基础上,利用电畴结构调控,消除了单晶中对光起散射作用的铁电畴壁,首次在 PMN-PT 单晶中同时获得了高压电性和高透光性,突破了长期以来二者难以共存的国际难题。其压电系数比现有的透明压电单晶 LiNbO_3 提高了 100 倍,电光系数最大可提高 40 倍,同时还具有更高的抗光损伤阈值和非线性光学效应。这种透明铁电单晶可大幅提升光声成像系统在乳腺癌、黑色素瘤和血液疾病诊断中的成像分辨率,也为研制高性能电光调制器、光学相控阵和量子光学器件提供了一种全新的关键材料。这种具有优异电光、声光和声-光-电耦合效应的单晶材料,有望进一步开辟更多新的应用领域。

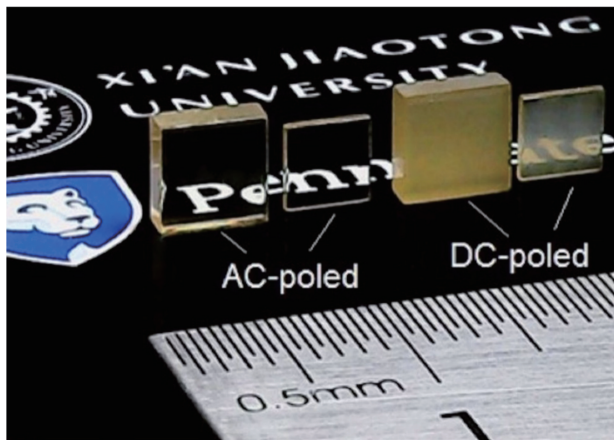


图 5 高压电性透明铁电单晶与传统铁电单晶的对比

6 2020 珠峰高程测定

珠峰高度长期以来受到全世界关注,精确测定珠峰高度并向全世界公布,彰显国家综合实力和科技水平。2020 珠峰高程测量,中国科学家团队综合运用多种现代测绘技术,实现多个重大技术创新突

破,获取了历史上最高精度的珠峰高程成果。此次珠峰高程测量,北斗卫星定位技术和国产测量装备首次全面担纲主力,国产测量装备应用实现重大突破。首次完成了峰顶地面重力测量,获取了人类历史上第一个珠峰峰顶的重力测量结果,有助于提升珠峰高程测量精度。科学家团队克服珠峰地区极端气象和恶劣环境,首次实现珠峰峰顶及周边区域 1.27 万平方千米的航空重力、光学和激光遥感测量的历史性突破,填补了珠峰地区重力资料空白,大幅提升了珠峰高程测量的精度。与 2005 年珠峰高程测量相比,珠峰地区大地水准面精度提升幅度达 300%。中国和尼泊尔科学家团队开展科技合作,首次建立了基于全球高程基准的珠峰地区大地水准面,历史上首次共同确定了基于全球高程基准的珠峰雪面高程 8 848.86 米,国家主席习近平同尼泊尔总统班达里互致信函,共同宣布珠穆朗玛峰最新高程,赢得国际社会广泛赞誉。除此之外,珠峰测量获取的丰富观测数据成果,将为珠峰地区的生态环境保护修复、自然资源管理、地质研究与调查、地壳运动监测、气候变化和冰川冻土研究等领域提供宝贵、翔实的第一手资料。



图 6 2020 珠峰高程测量队员在峰顶竖起测量觇标

7 古基因组揭示近万年来中国人群的演化与迁徙历史

在国际古基因组学领域,有关东亚,尤其是中国史前人群的古基因组研究非常匮乏。中国科学院古脊椎动物与古人类研究所付巧妹研究团队首次针对中国南北方史前人群展开时间跨度最大、规模性、系统性的古基因组研究,通过前沿实验方法成功获取我国南北方 11 个遗址 25 个 9 500~4 200 年前的个体和 1 个 300 年前个体的基因组,揭示中国人群自 9 500 年以来的南北分化格局、主体连续性与迁徙融合史。研究发现中国南北方主体人群 9 500 年前已分化,但南、北方同期人群的演化基本是连续的,没有受到明显的外来人群的影响,迁徙互动主要发生在东亚区域内各人群间;此外明确以台湾岛原住民为代表、广泛分布在太平洋岛屿的南岛语系人群,起源于中国南方沿海地区且可追溯至 8 400 年前。该项成果填补了东方尤其是中国地区史前人类遗传、演化、适应的重要信息缺环,为阐明中华民族的形成过程及修正东亚南方人群演化模式做出重要科学贡献。



图 7 中国南方重要人类样本约 8400 年前的福建奇和洞 2 号个体的出土头骨图

8 大数据刻画出迄今最高精度的地球 3 亿年生物多样性演变历史

生命起源与演化是世界十大科学之谜之一。地球上曾经生活过的生物 99% 以上已经灭绝,通过化石记录重建地球生物多样性变化历史是认识当今生物多样性现状与未来趋势的最重要途径之一。然而,地质历史时期地球生物多样性变化研究的时间

分辨率低、生物分类粗,无法精确识别突发性重大生物演变事件,也不能为近代地球生态系统演变研究提供重要参考。南京大学沈树忠、樊隽轩团队联合国内外专家创建国际大型数据库,自主研发人工智能算法,利用“天河二号”超算取得突破,获得了全球第一条高精度的古生代 3 亿多年的海洋生物多样性演化曲线,时间分辨率较国际同类研究提高 400 多倍。新曲线精准刻画出地球生物多样性演变过程中的多次重大生物灭绝、复苏和辐射事件,揭示了当时生物多样性变化与大气 CO₂ 含量以及全球性气候剧变的协同关系。该研究将推动整个演化古生物学研究的变革。

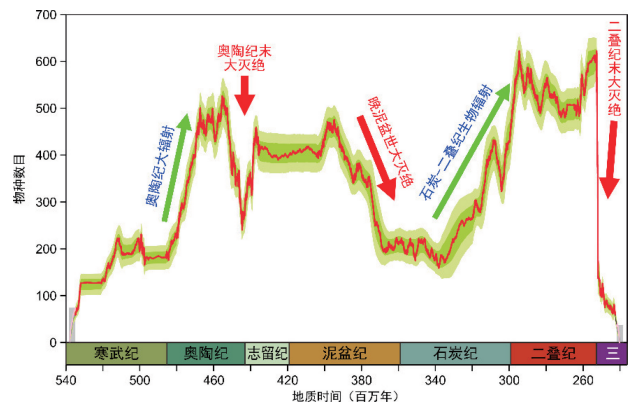


图 8 古生代海洋生物多样性曲线与重要演化事件

9 深度解析多器官衰老的标记物和干预靶标

随着人口老龄化程度的日益加剧,深入研究衰老、科学应对人口老龄化是新时代的国家重大需求。围绕衰老的机制和干预等核心科学问题,中国科学院动物研究所刘光慧研究组、曲静研究组,中国科学院北京基因组研究所张维琦研究组,同北京大学汤富酬研究组联合攻关,利用多学科交叉的方法,在系统水平上揭示了哺乳动物多器官衰老的新型生物学标记物和可调控靶标。在衰老机制解析方面,发现氧化还原通路稳态失衡是灵长类卵巢衰老的主要分子特征,为评价卵巢衰老及女性生殖力下降提供了新型生物学标志物,也为寻找延缓卵巢衰老的措施及开发相关疾病的干预策略提供了新思路。在衰老干预方面,阐明热量限制(“七分饱”)可通过调节机体各组织的免疫炎症通路,延缓多器官衰老的新型分子机制,揭示了代谢干预、免疫反应与健康寿命之

间的科学联系。这些研究成果加深了人们对器官衰老异质性和复杂性的理解,为建立针对衰老及衰老相关疾病的早期预警和科学应对策略奠定了重要基础。

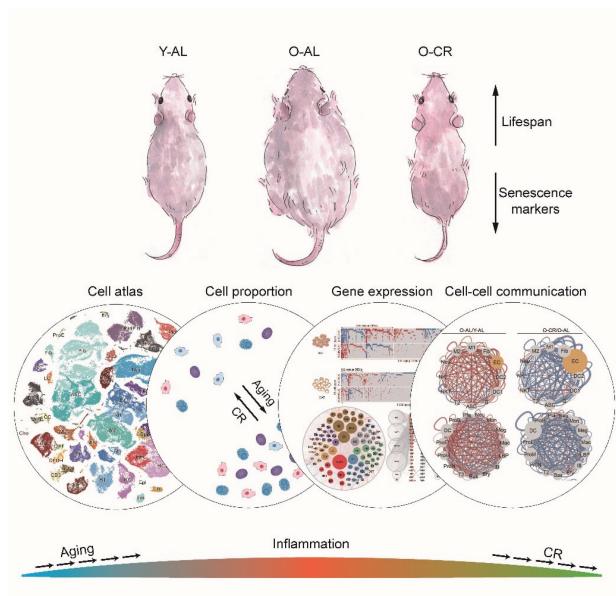


图9 卡路里限制延缓多器官衰老的系统生物学研究

10 实验观测到化学反应中的量子干涉现象

化学反应的进程伴随着复杂的量子力学现象,但其通常难以被直接观测到,因而化学反应的本质亦难以得到透彻的理解。中国科学院大连化学物理

研究所杨学明院士、张东辉院士、孙志刚和肖春雷研究团队提供了一个研究范例。他们研究发现,在 $H+HD \rightarrow H_2+D$ 反应中,在碰撞能量为 1.9~2.2 电子伏的范围内,产物 $H_2(v'=2, j'=3)$ 的后向散射呈现显著的振荡(其中 v' 是振动量子数, j' 是转动量子数)。通过拓扑理论分析,发现该反应存在两条迥然不同的反应路径,振荡是由这两条路径之间的量子力学干涉所产生的。该研究揭示了该反应在较低能量处,量子几何相位效应仍然存在,并可以被观测到。这非常类似于众所周知的 Aharonov-Bohm 效应,清晰地揭示了化学反应的量子性。

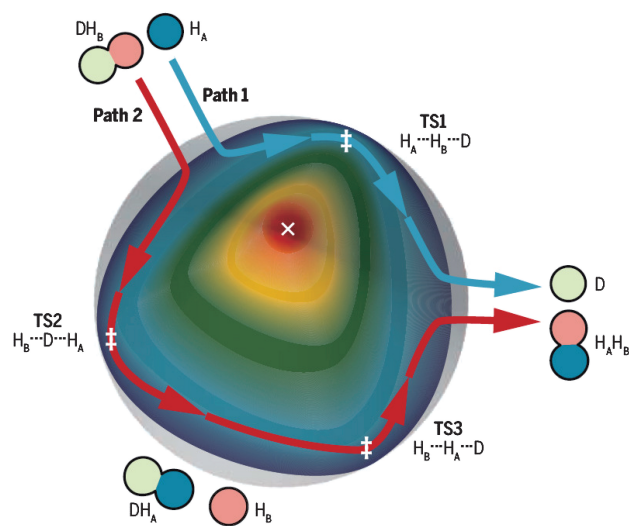


图10 $H+HD$ 反应的两条途径

(来源 科学技术部高新技术研究发展中心(基础研究管理中心))