

这一年，我们向科学高峰进发

岁月不居，时节如流。转眼间，2023年已步入尾声。这一年给我们留下了太多值得铭记的精彩时刻：我国科学家成功制备并验证51个超导量子比特的真纠缠，充分展示了超导量子计算体系优异的可扩展性；墨子巡天望远镜开启巡天观测，“首秀”邂逅仙女座星系；全球首例非人灵长类动物介入式脑机接口试验成功完成，脑机接口未来已来……

回首过往，我国科研人员勇攀高峰，创下又一个又一个新纪录。展望未来，追逐前沿、崇尚创新的他们将收获更多惊喜！

◎本报记者 孙瑜

实现百兆比特率量子密钥分发 成码率国际纪录提高一个数量级

基于量子力学基本原理，量子密钥分发可以实现原理上无条件安全的保密通信。我国科学家通过发展高保真度集成光子量子态调控、高计数率超导单光子探测等关键技术，首次在国际上实现百兆比特率的实时量子密钥分发，实验结果将此前的成码率纪录提升了一个数量级。3月14日，这一成果论文在线发表于国际学术期刊《自然·光子学》。

量子密钥分发可以通俗地理解为在网络中额外加入一个环节，双方通过密码验证，确保安全后，再进行信息传输。提高成码率对量子密钥分发实用化至关重要。高码率可为更多用户提供服务，实现大数据共享、分布式存储加密等高带宽需求的应用。

此前国际上最高的实时成码率是10公里标准光纤信道下10兆比特每秒。我国科学家突破集成光子片上高速高保真度偏振态调制等技术，实现了10公里标准光纤信道下115.8兆比特每秒的成码率，较之前纪录提高了约一个数量级。系统稳定运行超过50个小时，在传输距离328公里下成码率超过200兆比特每秒。

实现百兆比特率的实时密钥分发，将有可能在对数据安全要求高的领域创造新的机会，推动满足高带宽通信需求和未来量子通信的大规模实际应用，使量子密钥分发技术走进现实。

室温超快氢负离子导体问世 可用于新型电池研发

4月，我国科学家提出了一种全新的材料设计研发策略，通过机械化学方法，在稀土氢化物——氢化镧晶格中故意制造大量的缺陷和纳米微晶，研发出首个室温环境下超快氢负离子导体。相关研究论文4月5日发表于《自然》。

氢负离子具有强还原性及高氧化还原电势等特点，是一种颇具潜力的氢载体和能量载体。在室温环境下表现出超离子传导的氢负离子导体材料，将为构建全新的全固态氢化物电池、燃料电池提供巨大的机遇，有望在未来实现一系列的技术革新。

早在20世纪的变色玻璃研究中，研究者就发现氢化镧具有快速的氢迁移能力，但其电子电导也很高。近几年，科研人员往氢化镧晶格中引入氧使其形成超氧化物以抑制其电子传导，但氧的引入也同时显著阻碍了氢负离子的传导。此前报道的氢负离子导体只能在300℃左右实现超快传导，而我国科学家的创新工作实现了在温和条件下（-40℃至80℃温度范围内）的超快离子传导。此外，研究人员还首次实现了室温全固态氢负离子电池的放电，证实了这种全新的二次电池的可行性。

研究者建立的材料结构调变方法具有一定的普适性，有望为氢负离子导体的研发打开局面。《自然》审稿人评价，该工作展示了一种非常有趣且新颖的研究方法。

非人灵长类介入式试验成功 促进脑机接口从实验室迈向应用

脑机接口未来已来，人类与人工智能共生或不再遥远。5月4日，全球首例非人灵长类动物介入式脑机接口试验在北京获得成功。该试验在猴脑内实现了介入式脑机接口脑控机械臂。介入式脑电传感器通过颈静脉，进入矢状窦，到达猴运动皮层脑区，在术后成功采集并识别非人灵长类动物介入式脑电信号。此试验实现了动物对机械臂的主动控制。

脑机接口技术是一种变革性的人机交互技术，其作用机制是绕过外周神经和肌肉，直接在大脑与外部设备之间建立一种全新的通信与控制通道。它具有监测、替代、改善/恢复受损或有障碍的自然中枢神经系统输出输入的功效。

目前，脑机接口研究大多处于基础研究阶段，也取得了一些临床成果。2022年，美国研究人员完成了全球首例双边植入脑机接口人体试验，一位瘫痪30年的受试者通过脑电信号成功地操控机械臂，完成了递送蛋糕和自主进食。在我国，上海瑞金医院从2020年开始通过脑机接口和脑深部电刺激方法，治疗难治性抑郁症。

此次在非人灵长类动物脑内开展的介入式脑机接口试验的研究成果，促进了介入式脑机接口从实验室前瞻性研究向临床应用迈进，对

推动脑科学领域研究具有重要意义，标志着我国脑机接口技术跻身国际领先行列。未来，该技术在脑疾病医疗康复领域将具有广阔的市场前景。

他山之“猴”助解人类演化谜题 更好地认识“人何以成为人”

人类是如何起源的？社会行为是如何形成的？聪明的大脑是如何演化而来的……在解答关于人类的重要谜题时，科学家把目光投向人类的“近亲”——非人灵长类动物。6月2日，11篇关于非人灵长类动物起源和演化的论文发表在《科学》《科学·进展》《自然·生态与演化》等国际期刊，让人类离破解生命演化谜题更进一步。

这11篇论文与我国科学家主导的灵长类基因组计划密不可分。灵长类基因组计划由我国科学家发起。目前，研究取得了多项成果和新发现，包括推断出所有灵长类的最近共同祖先出现在大约6829万年至6495万年前，距离6550万年前的白垩纪末期大灭绝事件非常近，意味着“灵长类动物的演化可能受到物种大灭绝事件的影响”；揭示了灵长类前肢形态形成以及猿类尾部消失等现象的分子机制；重新解释了人类8号染色体的起源问题……

灵长类基因组计划取得的重大科学突破，将使我们更好地认识灵长类早期到现代人的整个演化历程，从而制定针对灵长类动物多样性保护的政策，开发和利用遗传资源。

刷新量子系统真纠缠比特数纪录 实现51个超导量子比特簇态制备

今年的热门科幻电影《流浪地球2》中，智能量子计算机MOSS给观众留下了深刻印象。7月，来自中国科学技术大学等单位的研究人员成功实现51个超导量子比特簇态制备和验证，刷新了所有量子系统中真纠缠比特数目的世界纪录，让科幻有望照进现实。相关研究论文7月12日在线发表于《自然》。

超导量子计算被普遍认为是最有可能率先实现实用化量子计算的方案之一。量子比特是量子计算的基本单元，不同于非“0”即“1”的经典比特，它可以同时处于“0”和“1”叠加态，即“量子相干叠加态”。当人们把量子叠加拓展到多量子比特体系，就自然导致了量子纠缠的概念。多个量子比特一旦实现了相干叠加，其代表的状态空间将会随着量子比特的数目增多而呈指数增长，从而实现量子计算加速效应。

多年以来，实现大规模的多量子比特纠缠一直是各国科学家奋力追求的目标。我国科学家在超导量子比特多体纠缠制备方面取得了一系列重要成果，自2017年起，先后完成了10比特、12比特、18比特的真纠缠态制备。

此次研究将量子系统中真纠缠比特数目的纪录由原先的24个大幅突破至51个，充分展示了超导量子计算体系优异的可扩展性。这对于研究多体量子纠缠、实现大规模量子算法以及基于测量的量子计算等具有重要意义。

大规模的多量子比特纠缠，将帮助我们更深入地洞悉量子世界的奥秘。未来，在量子信息时代，纠缠将作为一种独特的资源，为人类社会带来更安全的通信、更快的计算、更精密的计量……

侏罗纪陆相动物群“现身”福建 弥补鸟类起源的时空链条

9月6日在线发表于《自然》的论文显示，经过近3年的野外发掘，来自中国科学院古脊椎动物与古人类研究所等单位的研究人员，在福建省发现了一个新的陆相生物群——政和动物群。该生物群是已知侏罗纪地理位置最靠南的、保存有鸟翼类的动物群，其年代为距今1.48亿年—1.5亿年，处于侏罗纪最晚期。

目前，学术界将“包括所有鸟类，但不包括恐龙爪类”的广义类群定义为鸟翼类，而鸟类指的是现代鸟类及其近亲。鸟类至少在晚侏罗世就和非鸟类兽脚类恐龙发生分化。因此，侏罗纪的鸟翼类对研究鸟类的起源、关键形态和生物学特征演化至关重要。

已知的侏罗纪鸟翼类仅有近鸟龙和其相似物种，物种数目稀少，而且地理分布单一，多分布在我国东北地区距今1.59亿年的燕辽生物群。这与之后白垩纪早期出现的大量鸟类在时间上有长达3000万年的空白。

从2021年开始，中国科学院古脊椎动物与古人类研究所和福建省地质调查研究院联合，在

福建省多个晚中生代盆地开展大规模野外发掘。2022年10月23日，研究团队在政和晚侏罗世地层发现了一件保存近乎完整的恐化石。经过8个月的修复和研究，研究团队确认该化石属于鸟翼类，并将其命名为奇异福建龙，这是福建省首次发现恐化石。

研究发现，奇异福建龙与近鸟龙类构成单系类群，是鸟翼类最早分异的一支。奇异福建龙的发现，增加了原始鸟翼类的生态多样性，增进了学界对于鸟类起源伊始生态习性演化的认知。

猪体内“长”出人体中期肾脏 推动解决供体器官严重短缺难题

9月7日，中国科学院广州生物医药与健康研究院研究团队在国际学术期刊《细胞·干细胞》上发表封面论文，报道了利用胚胎补偿技术在猪体内成功再造人源中肾的策略。

器官移植已成为多种终末期疾病的唯一有效治疗手段，但供体器官严重缺乏限制了这一疗法在临床上的广泛应用。基于干细胞的器官异种动物体内再生将是未来解决这一问题的理想途径。

该研究中，研究人员利用新型人诱导多能干细胞，结合优化的胚胎补偿技术体系，在肾脏缺陷猪模型体内实现了人源化中肾的异种体内再生。这是世界范围内首次报道的人源化功能性器官异种体内再生案例。

研究者称，通过该途径获得的人源化器官不仅具有更全面的细胞类型和更完善的器官结构与功能，且由于供体细胞来源于患者自体，能有效避免异种器官或同种异体器官移植中存在的免疫排斥等问题。

研究团队开展了5年多的探索，对人—猪胚胎补偿技术体系进行了全方位优化，最终确定了理想的胚胎补偿技术流程，成功实现了人源化中肾的异种体内再生。该成果首次证明了基于干细胞及胚胎补偿技术在异种动物体内再造人源化功能性实质器官的可行性，为利用器官缺陷动物模型进行器官异种体内再生迈出了关键的第一步，对解决供体器官严重短缺难题具有重要意义。

墨子巡天望远镜开启观测 “首秀”邂逅仙女座星系

绮梦般层层叠叠的蓝紫色尘埃云散发着柔和和朦胧的光彩，这是一张“新鲜”的仙女座星系照片。它由每次30秒共计150次曝光所得到的照片叠加合成，出自墨子巡天望远镜。9月17日，中国科学院大学—紫金山天文台大视场巡天望远镜——墨子巡天望远镜在青海冷湖天文基地正式开启巡天观测。它的“首秀”之作，邂逅了距离地球约250万光年的仙女座星系。

仙女座星系是距离银河系最近和最大的旋涡星系。它的结构特点和金属丰度与银河系相近，是探索银河系及同类星系形成与演化的理想研究对象。墨子巡天望远镜拍摄到的这张照片，揭示了仙女座星系及其周围天体的明亮至暗弱星光分布特征，可以用于细致刻画星系内部及星系间相互作用的动力学过程。

墨子巡天望远镜坐落于青海省海西蒙古族藏族自治州茫崖市冷湖镇赛什腾山，为北半球光学时域巡天能力最强设备，也是冷湖天文基地望远镜群中口径最大的望远镜。它具备强大的巡天能力，能够每3个晚上巡测整个北天球一次。它可监测移动天体和光变天体，用于高效搜寻和监测天文动态事件，有望在高能时域天文、太阳系天体普查、银河系结构和近场宇宙学等领域取得突破性原始创新成果。

巡天望仙，步履不停。未来，墨子巡天望远镜还将揭开宇宙深处的更多秘密。

高比例胚胎干细胞嵌合体猴诞生 非人灵长类疾病模型迎来新突破

曾培育出首个体细胞克隆猴的科研团队，再次迎来新突破。

历时5年攻关，由中国科学院脑科学与智能技术卓越创新中心牵头的联合团队，在国际上首次成功构建高比例胚胎干细胞贡献的出生存活嵌合体猴。该研究成果论文于11月9日在线发表于国际期刊《细胞》。

中国科学院脑科学与智能技术卓越创新中心学术主任蒲慕明院士评价，这一成果对于生物医药研究的重要性不亚于克隆猴技术，是构建非人灵长类疾病模型的里程碑成果。

胚胎干细胞是生命发育早期的“种子”细胞，

不仅可以实现体外无限复制，还能在改变培养条件的情况下被诱导分化成不同组织的细胞。其在模式动物构建、细胞治疗、器官再生、类器官模型等方面发挥着重要作用。

之前，人们已经在小鼠和大鼠中成功构建嵌合体。但经典的人和猴的胚胎干细胞不易形成嵌合体，且灵长类的胚胎干细胞需要比小鼠更复杂的培养条件。如今，这只高比例胚胎干细胞嵌合体猴的诞生让人们对相关问题的有了更清晰的认识。

学术同行认为，该研究将为基础研究和非人灵长类遗传修饰模型的产生开辟新的途径。使用嵌合体猴技术有望获得没有个体差异的批量的疾病猴。这意味着，对于单个基因突变造成的疾病，比如渐冻症，人们可以利用疾病模型猴更好地采取干预、开展新药研发。

精准测量史上最亮“宇宙烟花” 带来伽马暴余辉新认识

11月，基于高海拔宇宙线观测站“拉索”的观测数据，我国科研人员精确测量了人类目前观测到的史上最亮伽马暴GRB 221009A的高能辐射能谱。他们发现，高能伽马光子并没有像理论预言的那样，辐射强度快速减弱，而是一直维持在较高水平。相关研究论文11月16日在线发表于《科学进展》。

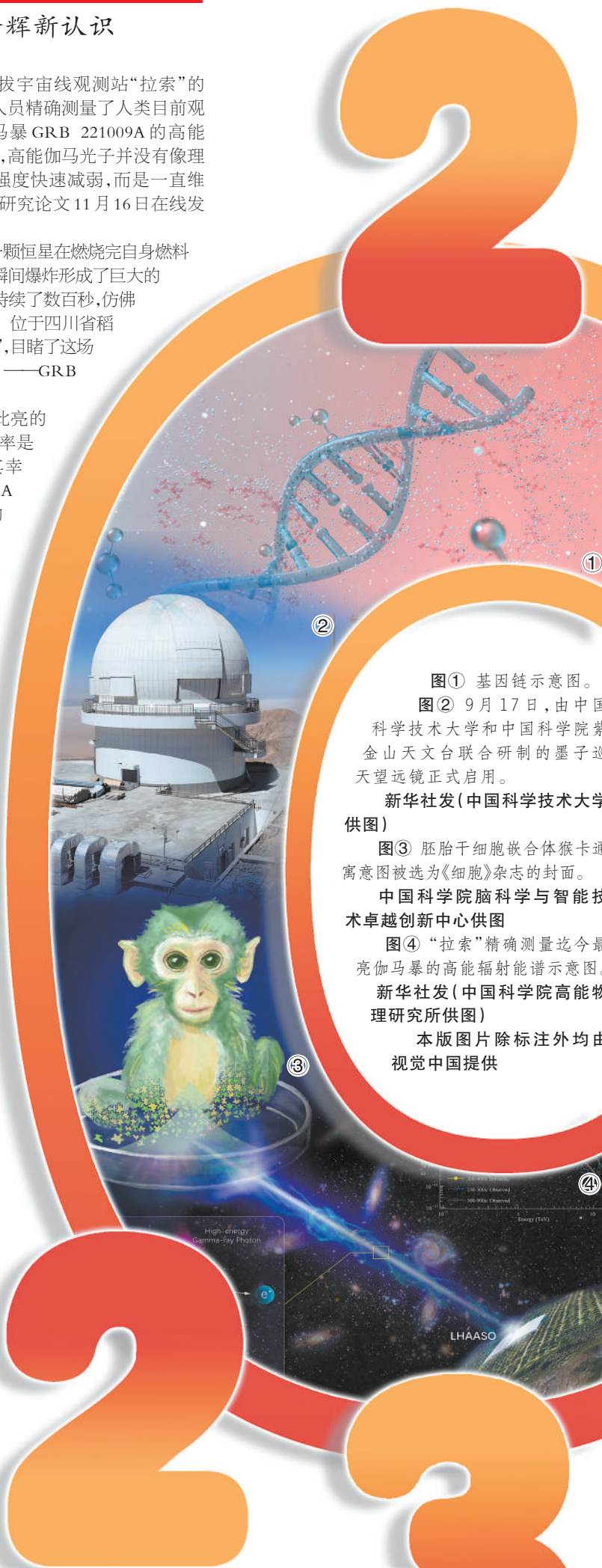
大约20亿年前，一颗恒星在燃烧完自身燃料后即将“熄灭”，其坍缩瞬间爆炸形成了巨大的火球。耀眼的“火光”持续了数百秒，仿佛一个巨大的宇宙烟花。位于四川省稻城县海子山上的“拉索”，目睹了这场绚烂的“宇宙烟花”——GRB 221009A。

科学家推断，如此亮的伽马暴扫过地球的概率是万年一次。人类极其幸运，因为GRB 221009A恰好落在了“拉索”的最佳观测范围内。2022年10月9日，“拉索”记录到

GRB 221009A产生的伽马光子，其最高能量在10万亿电子伏特以上。

理论上，高能伽马辐射的光子能量越高，其辐射强度就衰减得越快。但“拉索”对GRB 221009A辐射能谱的精确测量却显示，伽马暴辐射并没有快速衰减，而是一直延伸到13万亿电子伏特。这一发现挑战了传统的伽马暴余辉标准模型，也揭示了宇宙背景光在红外波段的强度低于预期，开启了新物理探索之门。

对于宇宙背景光对高能伽马光子的吸收低于理论预期这一现象，研究人员给出了两种可能的解释：可能存在某种超出当前粒子物理标准模型的新物理机制，或者可能存在标准模型之外的一种新粒子轴子。无论如何，“拉索”对这场史上最亮“宇宙烟花”的观测，将促使人们重新考虑宇宙中星系的形成和演化过程。



图① 基因转录示意图。

图② 9月17日，由中国科学技术大学和中国科学院紫金山天文台联合研制的墨子巡天望远镜正式启用。

新华社发（中国科学院大学供图）

图③ 胚胎干细胞嵌合体猴卡通寓意图被选为《细胞》杂志的封面。

中国科学院脑科学与智能技术卓越创新中心供图

图④ “拉索”精确测量迄今最亮伽马暴的高能辐射能谱示意图。新华社发（中国科学院高能物理研究所供图）

本版图片除标注外均由视觉中国提供

年终盘点