

ISSN 1000-3045

中国科技核心期刊 (CSTPCD)

中国科学引文数据库核心期刊 (CSCD)

中文核心期刊

中文社会科学引文索引来源期刊 (CSSCI)

中国人文社会科学引文数据库入库期刊 (CHSSCD)

日本科学技术振兴机构数据库收录期刊 (JST)



中国科学院

Bulletin of Chinese Academy of Sciences 院刊

专题：战略性基础研究

专题：新材料科学发展战略思考与创新实践

3

2022年3月
第37卷 第3期
Vol. 37 No.3

- 原创性基础研究的内涵分析及对原创探索计划项目的启示
- 服务冬奥、支撑发展：冰冻圈科学的延拓



中国科学院

Bulletin of Chinese Academy of Sciences 院刊

主管主办

中国科学院

主编

侯建国

常务副主编

高鸿钧

副主编

(按姓氏拼音排序)

傅伯杰 郭华东 李国杰 蒲慕明 饶子和 汪克强 杨柳春(执行)

编委

(按姓氏拼音排序)

包信和 陈熙霖 丁赤飏 董伟锋 樊杰 傅小兰 葛全胜 耿涌 黄向阳 蒋华良
金红光 李军 李树深 刘健 刘鸣华 刘彦随 刘应杰 马延和 穆荣平 聂常虹
潘家华 潘教峰 任俊华 宋大伟 宋健兰 苏刚 孙松 孙凝晖 索继栓 汪寿阳
汪卫华 王毅 王昌林 王东晓 王笃金 王建宇 王小凡 王一鸣 温铁军 文亚
吴季 武向平 徐文伟 薛澜 严庆 阎锡蕴 姚檀栋 郁建兴 翟立新 张涛
张柏春 张平文 张锁江 张希 张先恩 赵路 郑晓年 钟志华 周琪 周德进

青年编委

(按姓氏拼音排序)

包云岗(主任) 陈凯华 陈伟强 程瑜 代涛 董彬 董超 董关鹏 段晓男
傅尧 甘泉 胡海鹰 黄志伟 李博强 李宗省 刘刚 娄智勇 鲁晓 陆朝阳
陆品燕 彭子龙 沈毅(副主任) 施一 宋洁 汪玉 王文(副主任) 晏宏
杨蔚 杨晓川

编辑部主任

杨柳春

编辑

岳凌生 文彦杰 武一男 张帆 张勇

网络编辑

金杭川

美术编辑

王东方

本期责任编辑

岳凌生

编辑部

北京市西城区三里河路52号(100864)

出版社

北京市东城区东黄城根北街16号(100717)

电话

(010) 68597911; 62545829; 68582896(c)

邮箱

E-mail: bulletin@cashq.ac.cn

网址

http://www.bulletin.cas.cn

出版

科学出版社(中国科技出版传媒股份有限公司)

印刷

北京科信印刷有限公司

总发行

中国邮政集团有限公司北京市报刊发行局

邮发代号

82-202

国外总发行

中国国际图书贸易集团公司

国外发行代号

BM967

国内统一连续出版物号

CN 11-1806/N

定价

100.00 元

出版日期

2022年3月20日

CONTENTS

目次

ZHONGGUO KEXUEYUAN YUANKAN



学部咨询与院士建议：战略性基础研究

269 战略性基础研究：认识与对策

李晓轩 肖小溪 娄智勇 朱冰 饶子和

278 数学研究的特征及资助对策

肖小溪 高小山 袁亚湘

288 我国化学科学发展的战略思考与建议

程燕林 吴树仙 戴庆 陈春英 赵宇亮

297 我国地球科学发展的若干思考与建议

周立华 王鑫 周城雄 刘全有 司建华 张旺 金之钧

308 生物学特征、趋势及资助对策研究

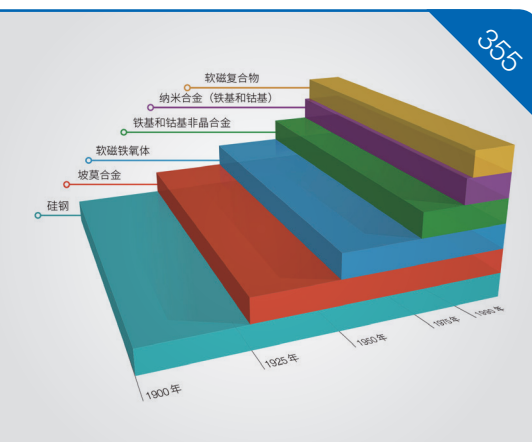
陈捷 曲静 娄智勇 朱冰 康乐

317 工程科学发展战略问题与机制完善

李培楠 包为民 姚伟

326 战略性基础研究的由来及国际实践研究

阿儒涵 杨可佳 吴丛 李晓轩



专题：新材料科学发展战略思考与创新实践

336 从全球气候变化、制造业产业升级、国家安全及材料基因工程维度探讨材料科学发展趋势

林伟坚 张博文 汪卫华

343 我国新材料产业集群发展战略研究

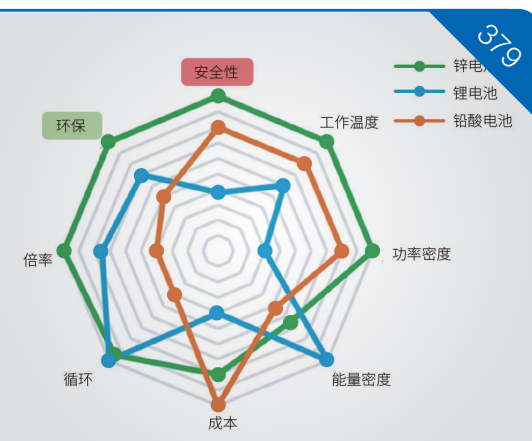
曾昆 李晓芄 沈紫云 廖凡 肖劲松 黄庆礼

352 非晶合金材料发展趋势及启示

汪卫华

360 硅基光电异质集成的发展与思考

王子昊 王霆 张建军





368 二维材料：从基础到应用

张广宇 龙根 林生晃 冼乐德 姜岩 吴昊 王硕培 李娜

375 “双碳”背景下新能源材料技术发展策略——以松山湖材料实验室为例

邱细妹 王燕 吕海明 徐坚 武烽达 马晓威

支春义 杜小龙 黄学杰

政策与管理研究

384 原创性基础研究的内涵分析及对原创探索计划项目的启示

鲍锦涛 郑毅 彭一杰 赵英弘 郝红全 郑知敏

科技与社会

395 服务冬奥、支撑发展：冰冻圈科学的延拓

秦大河 效存德 丁明虎 王飞腾 朱志强 殷水清 任贾文

中国科学十大进展

403 2021年度中国科学十大进展简介

资讯与观察

408 政策速览（2022年2月）

411 数据资讯：人工智能全球之势

封面：战略性基础研究

封二：复兴路上的科学家精神——钱伟长：国家的需要就是我的专业

封三：松山湖材料实验室

封四：欢迎订阅《中国科学院院刊》

国家科学思想库
核心媒体

版权声明

凡向本编辑部投稿，如作者无特殊声明，均视为同意将该论文（各种语言版本）的复制权、发行权、信息网络传播权、翻译权、汇编权及上述权利的转授权在全世界范围内许可给《中国科学院院刊》的主办单位中国科学院，所付稿酬包含网络传播的稿酬。版权所有，未经许可，不得转载使用。



《院刊》官方微信公众号

本刊选用环保纸张、油墨、胶水等原辅材料，生产过程注重节能减排，印刷产品符合人体健康要求。选择绿色印刷书刊，畅享环保健康阅读！

CONTENTS

Consultation of Academic Divisions and Suggestion of Academicians: Strategic Basic Research

Strategic Basic Research: Cognition and Suggestions.....	LI Xiaoxuan <i>et al.</i>	269
Characteristics and Funding Strategies of Mathematical Research.....	XIAO Xiaoxi <i>et al.</i>	278
Strategic Consideration and Recommendation on Development of Chemistry in China.....	CHENG Yanlin <i>et al.</i>	288
Thoughts and Suggestions on Development of Earth Sciences in China.....	ZHOU Lihua <i>et al.</i>	297
Research on Characteristics, Development Trend and Funding Countermeasures of Biology.....	CHEN Jie <i>et al.</i>	308
Strategic Development Problems and Mechanism Improvement in Engineering Science.....	LI Peinan <i>et al.</i>	317
Origins of Strategic Basic Research and International Practices.....	Aruhan <i>et al.</i>	326

Advanced Materials Science Development Strategy and Innovative Practice

Discussion of Materials Science Development Trend Through Climate Change, Manufacturing Update, National Security and Materials Genome Initiative.....	LIN Weijian <i>et al.</i>	336
Development Strategy of China's Advanced Material Industry Cluster.....	ZENG Kun <i>et al.</i>	343
Development and Implication of Amorphous Alloys.....	WANG Weihua	352
Development and Thinking of Silicon Photonics Heterogenous Integration.....	WANG Zihao <i>et al.</i>	360
Two-dimensional Materials: From Fundamental to Application.....	ZHANG Guangyu <i>et al.</i>	368
Development Strategies of New Energy Materials for Carbon Peak and Neutrality—Case Study of Songshan Lake Materials Laboratory.....	QIU Ximei <i>et al.</i>	375

Policy & Management Research

Connotation Analysis of Original Basic Research and Implications for Original Exploratory Program Implemented by National Natural Science Foundation of China.....	BAO Jintao <i>et al.</i>	384
--	--------------------------	-----

S & T and Society

Serving Beijing 2022 Olympic Winter Games and Developing Ice and Snow Industry: Application and Extension of Cryospheric Science.....	QIN Dahe <i>et al.</i>	395
---	------------------------	-----

Top Ten Scientific Advances in China

Introduction on 2021 Top Ten Scientific Advances in China.....		403
--	--	-----

Information & Observation

Policy Overview (February, 2022).....		408
Data Information: Global Overview of Artificial Intelligence.....		411

2021年度中国科学十大进展简介

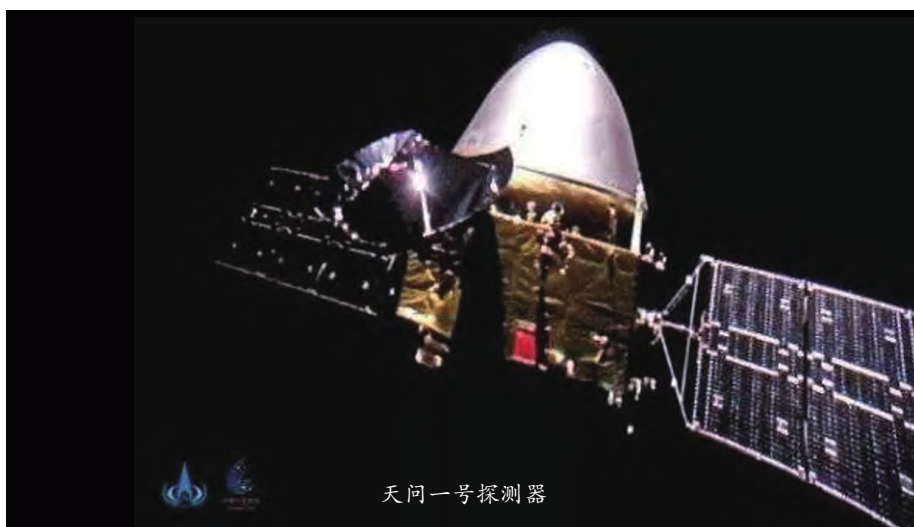
“中国科学十大进展”遴选活动由科学技术部高技术研究发展中心（基础研究管理中心）牵头举办，截至2022年已举办17届。2021年度，《中国基础科学》《科技导报》《中国科学院院刊》《中国科学基金》和《科学通报》5家编辑部共推荐了310项科学研究进展（所推荐的科学进展均是2020年12月1日至2021年11月30日期间正式发表或完成的研究成果），由中国科学院院士、中国工程院院士、全国重点实验室主任、国家重点研发计划有关重点专项总体专家组成员和项目负责人、“973计划”历届专家顾问组和领域专家咨询组专家及项目首席科学家等专家学者，经过初选和终选两轮投票选出以下10项研究。该项活动旨在加强对我国重大基础研究进展的宣传，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，促进公众更加理解、关心和支持科学，在全社会营造良好的科学氛围。该项活动已成为我国基础研究传播工作的一个品牌，在科技界产生了良好反响。

1 火星探测任务天问一号探测器成功着陆火星

2021年5月15日7时18分，天问一号探测器成功着陆于火星乌托邦平原南部预选着陆区，我国首次火星探测任务着陆火星取得成功。任务采用了“气动减速-伞降减速-动力减速-着陆缓冲”四级串联减速技术路线，建立了设计迭代改进流程和多学科综合优化方法，提高了系统应对故障工况和进入条件极限拉偏下的安全着陆能力。

天问一号探测器着陆火星，是我国首次实现地外行

星着陆，迈出了我国星际探测征程的重要一步，实现了从地月系到行星际的跨越，在火星上首次留下中国人的印迹，使我国成为第二个成功着陆火星的国家，是我国航天事业发展的又一具有里程碑意义的进展。

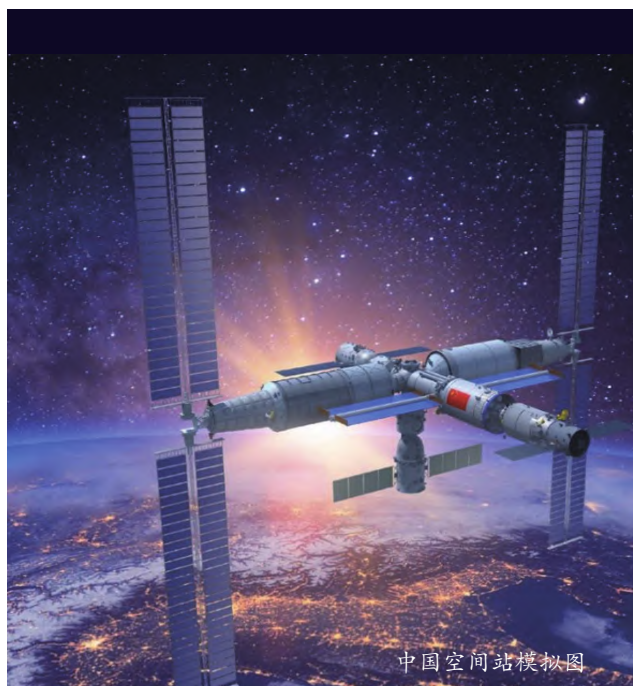


2 中国空间站天和核心舱成功发射，神舟十二号、十三号载人飞船成功发射并与天和核心舱成功完成对接

2021年4月29日，中国空间站天和核心舱在海南文昌航天发射场发射升空，准确进入预定轨道，任务取得成功。天和核心舱发射成功，标志着我国空间站建造进入全面实施阶段，为后续任务展开奠定了坚实基础。

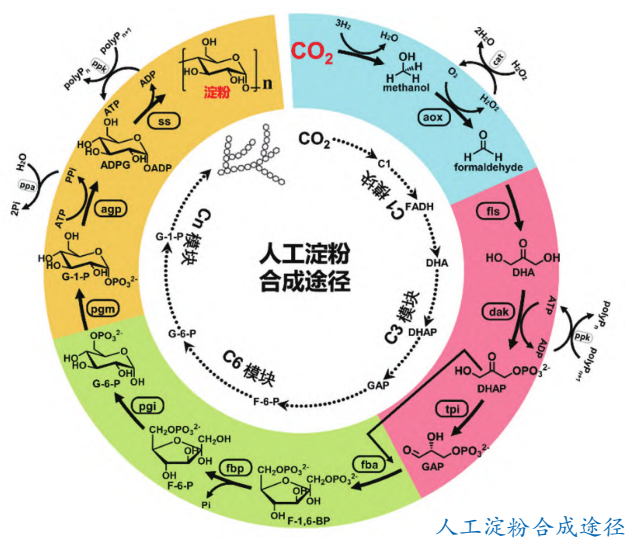
6月17日，神舟十二号载人飞船发射成功，并与天和核心舱成功完成对接，顺利将聂海胜、刘伯明、汤洪波3位航天员送入太空，这是天和核心舱发射入轨后，首次与载人飞船进行的交会对接。我国的载人航天飞船脱离试验阶段，开始实现太空往返常态化，我国正式进入太空站时代。

10月16日，神州十三号载人飞船发射成功，并采用自主快速交会对接模式成功对接于天和核心舱径向端口，顺利将翟志刚、王亚平、叶光富3位航天员送入太空，实现了我国载人飞船在太空的首次径向交会对接。



3 从二氧化碳到淀粉的人工合成

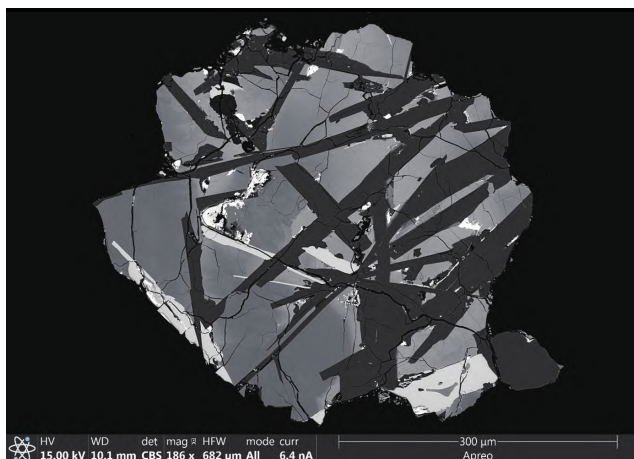
淀粉是粮食最主要的组分，也是重要的工业原料。中国科学院天津工业生物技术研究所马延和等报道了由11步核心反应组成的人工淀粉合成途径（ASAP）；该途径偶联化学催化与生物催化反应，在实验室实现了从二氧化碳和氢气到淀粉分子的人工全合成。



通过从头设计二氧化碳到淀粉合成的非自然途径，采用模块化反应适配与蛋白质工程手段，解决了计算机途径热力学匹配、代谢流平衡及副产物抑制等问题，克服了人工途径组装与级联反应进化等难题。在氢气驱动下 ASAP 将二氧化碳转化为淀粉分子的速度为每分钟每毫克催化剂 22 nmol 碳单元，比玉米淀粉合成速度快 8.5 倍；ASAP 淀粉合成的理论能量转化效率为 7%，是玉米等农作物的 3.5 倍，并可实现直链和支链淀粉的可控合成。该成果不依赖植物光合作用，实现了二氧化碳到淀粉的人工全合成。

4 嫦娥五号月球样品揭示月球演化奥秘

中国科学院地质与地球物理研究所李献华、杨蔚、胡森、林杨挺和中国科学院国家天文台李春来等利用过去 10 多年来建立的超高空间分辨率的定年和同位素分析技术，对嫦娥五号月球样品玄武岩进行了精



嫦娥五号月壤样品（玄武岩岩屑）的显微图像

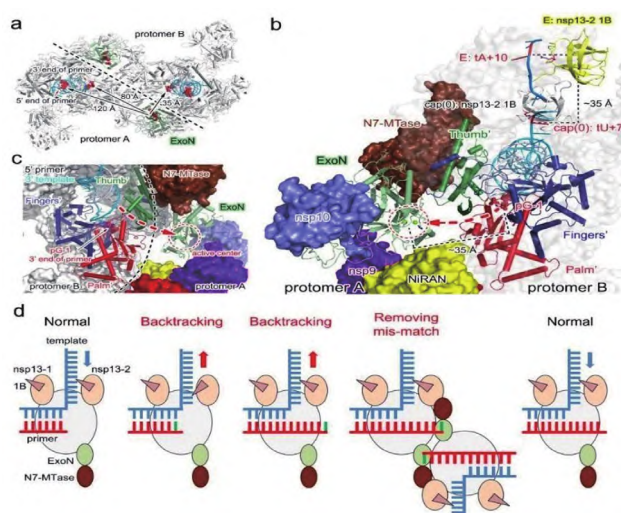
确的年代学、岩石地球化学及岩浆水含量的研究。结果显示，嫦娥五号玄武岩形成于 20.30 ± 0.04 亿年，确证月球的火山活动可以持续到 20 亿年前，比以往月球样品限定的火山活动延长了约 8 亿年。

这一结果为撞击坑定年提供了关键锚点，将大幅提高内太阳系星体表面撞击坑定年的精度。研究还揭示嫦娥五号玄武岩的月幔源区并不富含放射性生热元素和水，排除了放射性元素提供热源和富含水降低熔点 2 种月幔熔融机制，对未来的月球探测和研究提出了新的方向。

5 揭示 SARS-CoV-2 逃逸抗病毒药物机制

不断出现的新型冠状病毒突变株对当前已有的疫苗、中和抗体等抗病毒手段提出严峻挑战，急需发展能有效应对各型突变株的广谱药物。在生命周期中，病毒的一系列转录复制酶组装成“转录复制复合体”超分子机器，负责病毒转录复制的全过程，且在各型突变株中高度保守，是开发广谱抗病毒药物的核心靶点。

清华大学娄智勇、饶子和与上海科技大学高岩等发现并重构了病毒“加帽中间态复合体”“mRNA 加帽复合体”和“错配校正复合体”，并阐明其工作机制。揭示了新型冠状病毒转录复制机器的完整组成形式；发现病毒聚合酶的核苷转移酶结构域是催



新型冠状病毒“反式回溯”的复制校正机制

化 mRNA “加帽”成熟的关键酶，明确了帽结构的合成过程，为发展新型、安全的广谱抗病毒药物提供了全新靶点；发现病毒以“反式回溯”的方式对错配碱基和抗病毒药物进行“剔除”，阐明了瑞德西韦等药物效果不良的分子机制，为优化针对聚合酶的抗病毒药物提供了关键科学依据。

6 FAST 捕获世界最大快速射电暴样本

快速射电暴（FRB）是无线电波段宇宙最明亮的爆发现象。FRB 121102 是人类所知的第一个重复快速射电暴，中国科学院国家天文台李菂等使用 500 米口径球面射电望远镜（FAST）成功捕捉到 FRB 121102 的极端活动期，最剧烈时段达到每小



FAST 捕获快速射电暴样品示意图

时 122 次爆发，累计获取了 1 652 个高信噪比的爆发信号，构成目前最大的 FRB 爆发事件集合。研究发现 FRB 爆发率存在特征能量 $E_0=4.8\times 10^{37}$ erg；探测到其能谱的双峰结构，即低能端接近正则对数，展现快速射电暴重复过程的随机性；高能端接近洛伦兹函数，展现强辐射存在可能的相关过程。FAST 样本排除了 FRB 121102 爆发在 1 ms 至 1 h 之间的周期性或准周期性，严格限制了重复快速射电暴由单一致密天体起源的可能性。该研究首次展现了 FRB 的完整能谱，深入揭示了 FRB 的基础物理机制。

7 实现高性能纤维锂离子电池规模化制备

如何通过设计新结构（如创建纤维锂离子电池）满足电子产品高度集成化和柔性化发展要求，是锂离子电池领域面临的重大挑战。

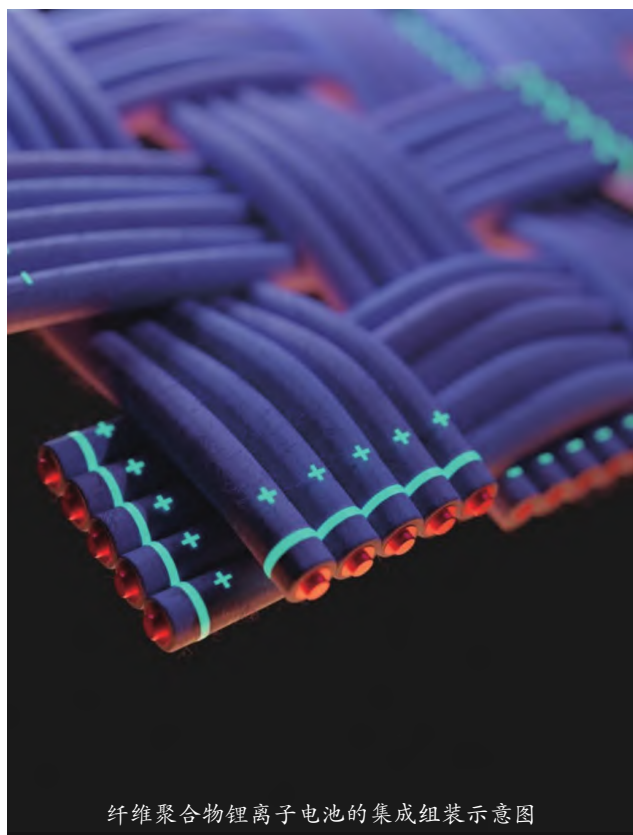
复旦大学彭慧胜、陈培宁等发现纤维锂离子电池内阻与长度之间独特的双曲余切函数关系，即内阻随

长度增加并不增大，反而先下降后趋于稳定。在此理论指导下构建的纤维锂离子电池具有优异且稳定的电化学性能，能量密度较过去提升了近 2 个数量级，弯折 10 万次后容量保持率超过 80%；建立的世界首条纤维锂离子电池生产线，实现了其规模化连续制备；编织集成得到的纤维锂离子电池系统，电化学性能与商业锂离子电池相当，而稳定性和安全性更加优异。

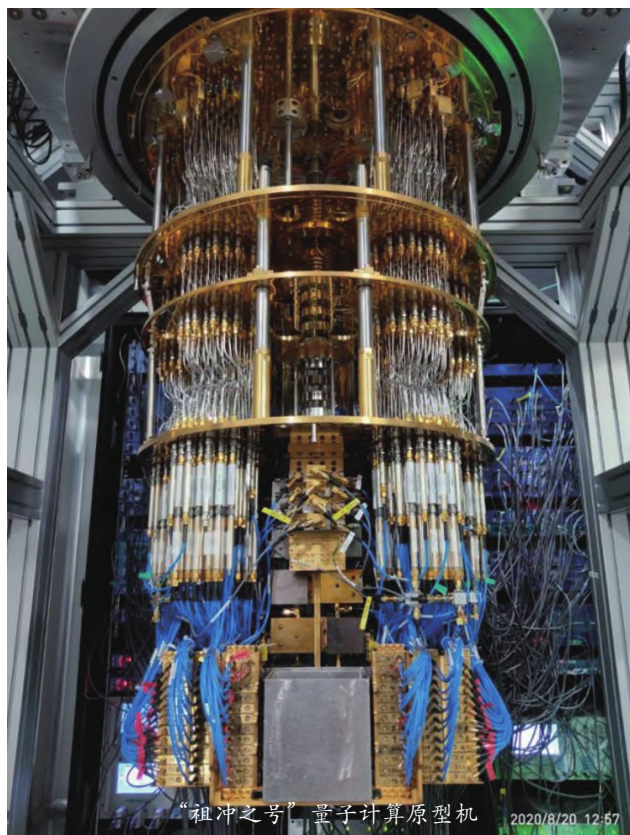
8 可编程二维 62 比特超导处理器“祖冲之号”的量子行走

量子行走是经典随机行走的量子力学模拟，是实现量子模拟、量子搜索算法乃至通用量子计算的工具。

中国科学技术大学朱晓波、潘建伟等通过研发兼容平面工艺的三维引线技术，实现了量子比特结构从一维向二维的拓展，设计并制作了一个由 62 个比特组成的 8×8 的二维结构超导量子比特阵列，构建了“祖冲之



纤维聚合物锂离子电池的集成组装示意图



“祖冲之号”量子计算原型机

2020/8/20 12:57

号”量子计算原型机，并通过该装置演示高保真的单粒子和双粒子连续时间量子行走。利用量子处理器的高可编程性，实现了量子比特激发粒子行走路径的精确调控，在固态量子芯片实现了马赫-曾德尔干涉仪。

该工作是世界范围内公开发表的首个比特数超过60的超导量子计算领域的成果，验证了对含噪声中等规模量子比特系统的高精度量子调控能力，为研制“祖冲之二号”、实现“量子计算优越性”奠定了基础。

9 自供电软机器人成功挑战马里亚纳海沟

深海机器人与装备需要高强度金属耐压外壳或压力补偿系统来保护内部机电系统。浙江大学李铁风等从深海狮子鱼“头部骨骼分散融合在软组织中”这一生理特性提取仿生灵感，揭示了深海极端压力条件下软机器人功能器件破坏及驱动失效的内在机制；提出了硬质器件分散融入软基体实现内应力调控的方法，以及适应深海低温、高压环境的电驱动人工肌肉融合制造方法；建立了万米深海软机器人的系统构造方法和驱动理论。

所研制的自供电软机器人成功挑战马里亚纳海沟，实现了10900 m海底深潜和驱动；在南海海平面以下3224 m实现深海航行。该研究大幅降低了深海机器人的重量及经济成本，推动了软体机器人在深海工程领域的应用。

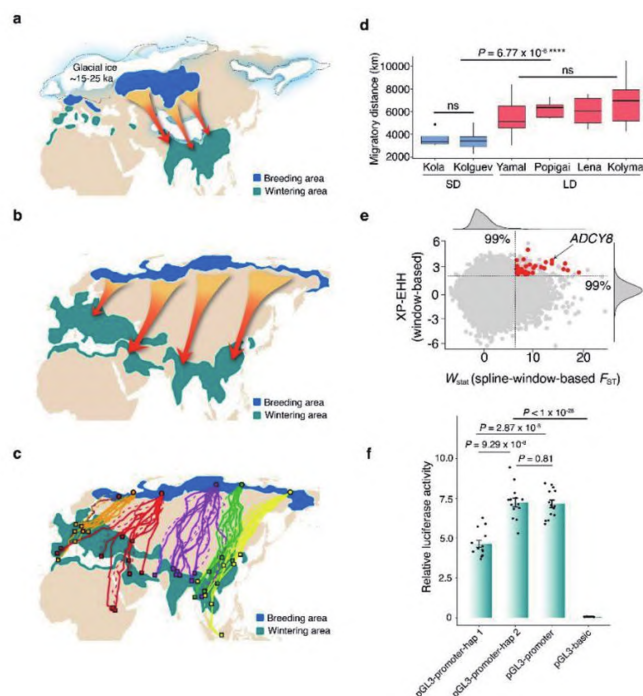


自供电软机器人在马里亚纳海沟10900 m深海驱动实验

10 揭示鸟类迁徙路线成因和长距离迁徙关键基因

“迁徙生物如何发现其迁徙路线？”一直是社会和学术界广泛关注的议题，也是 *Science* 杂志“125个最具挑战性科学问题”之一。

中国科学院动物研究所詹祥江等历时12年，利用卫星追踪数据和基因组信息，建立了一套游隼迁徙研究系统，发现游隼主要使用5条路线穿越亚欧大陆；其中，西部游隼表现为短距离迁徙，东部为长距离迁徙。在末次冰盛期到全新世的转换过程中，冰川消退所导致的游隼繁殖和越冬地变迁，可能是迁徙路线形成的主要历史原因。研究还发现迁徙距离更长的游隼携带 *ADCY8* 优势等位基因，该基因与长时记忆形成有关，这表明长时记忆可能是鸟类长距离迁徙的重要基础。该研究结合遥感卫星追踪、基因组学、神经生物学等研究手段，通过多学科整合分析方法阐明了鸟类迁徙路线变迁成因和遗传基础。



游隼迁徙路线成因与长距离迁徙关键基因

■ 责任编辑：张帆

欢迎订阅

《中国科学院院刊》

Bulletin of Chinese Academy of Sciences



国家科学思想库核心媒体

《中国科学院院刊》是中国科学院主管、主办的以战略与决策研究为主的科技智库类期刊，其定位为“国家科学思想库核心媒体”，是中国科学院国家高端智库建设的重点媒体平台。该刊重点刊登两院院士和科学家就我国科技及经济社会发展的重大战略问题提出的研究报告，以及对重要前沿及交叉学科的发展现状与趋势进行的评述。以科学家深厚的科学积累及高度的社会责任感，为国家宏观战略决策提供科学支撑，并更广泛、更有效地向社会和公众传播科学思想和科学精神。



主 办：中国科学院

主 编：侯建国

编辑部地址：北京市西城区三里河路52号

邮政编码：100864

电 话：(010) 68597911; 62545829; 68582896 (c)

电子信箱：bulletin@cashq.ac.cn

网 址：www.bulletin.cas.cn

微 信 号：CASbulletin



绿色印刷产品

ISSN 1000-3045



9 771000 304221