

超越传统超算！我国超导量子计算机“祖冲之三号”惊艳亮相

记者今天（12月17日）从中国科学技术大学获悉，由中国科学家研制的105个量子比特的“祖冲之三号”量子计算机于2024年12月17日在arXiv线上发表。超过谷歌于2024年10月发表于《自然》期刊的最新进展——72比特“悬铃木”处

理器6个数量级，为目前超导量子计算的最强优越性。

“量子计算优越性”是指量子计算机在特定的问题上求解，表现出超越经典计算机的能力，从而解决连超级计算机都无法在短时间内解决的计算任务。量子优越性

是量子计算具备应用价值的前提条件，也是当前一个量子计算研究实力的直接体现。

2019年，谷歌宣布其53比特“悬铃木”量子处理器在200秒内完成了一项随机线路采样任务，并声称以此实现了量子计算的优越性。然而，这一成果在2023年遭到中国科学家的有力挑战。中国研究人员发展了更加先进的经典算法，利用A100 GPU仅用约17秒便完成了同样的任务，推翻了谷歌当时关于量子优势的宣称。

2020年，中国科学技术大学构建的“九章”光子量子计算原型机利用光子路线首次严格证明了量子计算优越性。之后在2021年，超导体系首个被严格证明的量子计算优越性在“祖冲之二号”处理器上实

现。至此，中国成为目前世界上唯一在两种物理体系达到“量子计算优越性”里程碑的国家。

达到“量子计算优越性”里程碑之后，当前量子计算研究的重点任务之一是突破量子纠错技术，为量子比特的大规模集成和操纵，进而构建容错通用量子计算机奠定基础。表面码是实现量子纠错大规模扩展最成熟的方案。

2022年，中国科学家首先在“祖冲之二号”超导量子处理器上实现了码距为3的表面码量子纠错，首次验证了表面码方案的可行性。2023年，谷歌实现了码距为3和5的表面码量子纠错，首次展示了错误率随着码距的增加而下降。2024年12月的最新工作中，谷歌利用“垂柳”处理器实现了码距为3、5和7的

表面码量子纠错，并更为显著地降低了逻辑比特的错误率，从原理上验证了表面码方案的扩展性，为集成和操纵大规模量子比特系统奠定了重要技术基础。

中国科学技术大学超导量子团队正在基于“祖冲之三号”处理器开展相关工作，计划在数个月内实现码距为7的表面码量子纠错，并进一步将码距扩展到9和11，为实现大规模量子比特的集成和操纵铺平道路。“祖冲之三号”超导量子计算机在前代的基础上，进一步优化了设计与工艺，在比特数与性能上面都有了全方位的提升，各项性能指标与“垂柳”处理器旗鼓相当。

（转自央视新闻 2024年12月17日 记者 师俊全 褚尔嘉）



“祖冲之三号”
超导量子计算芯片示意图

中国科大1+1项成果入选2024年国内十大科技新闻

由科技日报社主办、部分两院院士和媒体负责人共同评选的2024年国内十大科技新闻揭晓。中国科大主导的研究成果光子的分数量子反常霍尔态首次实现，共同参与的科研成果“拉索”确认首个超级宇宙线源入选。

光子的分数量子反常霍尔态首次实现

5月6日，记者从中国科学院获悉，利用“自底而上”的量子模拟方法，中国科学技术大学潘建伟院士团队在国际上首次实现了光子的分数量子反常霍尔态，为高效开展更多、更新奇的量子物态研究提供了新路径。相关研究成果发表于《科学》杂志。

“量子霍尔效应根据电子间相互作用方式的不同，分为整数量子霍尔效应和分数量子霍尔效应。”潘建伟说，其中，分数量子霍尔态

展现出非平庸的多体纠缠，具有重要的观测研究价值，多年来受到学术界高度关注。

在此项研究中，团队利用“自底而上”的方式，基于自主研发的超导高非简谐性光学谐振器阵列，实现了光子间的非线性相互作用，并进一步在此系统中构建出作用于光子的等效磁场以构造人工规范场，从而实现了光子的分数量子反常霍尔态。

“拉索”确认首个超级宇宙线源

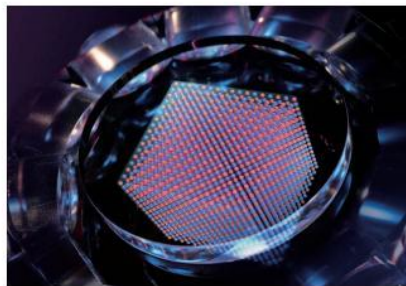
2月26日，《科学通报》发表了一项关于高能宇宙线起源的重要成果。利用“拉索”的观测数据，我国科学家在天鹅座恒星形成区发现了一个巨型超高能伽马射线泡状结构，从中找到了能量高于1亿亿电子伏宇宙线起源的候选天体。这是迄今人类能够确认的第一个超级宇宙线源。

据介绍，“拉索”此次发现的巨型超高能伽马射线泡状结构，距我们约5000光年，尺度超过1000个太阳半径。泡状结构内有多能级超过1千万亿电子伏的光子，最高达到2千万亿电子伏。

“一般来说，产生能量为2千万亿电子伏的伽马光子，需要能量至少高10倍的宇宙线粒子。”论文通讯作者、中国科学技术大学教授曹智说，这表明泡状结构内部存在超宇宙线源，源源不断地产生能量至少达到2亿亿电子伏的高能宇宙线粒子，并注入星际空间。

研究表明，位于泡状结构中心附近的大质量恒星团（Cygnus OB2星团），是超级宇宙线源最可能的对应天体。

（转自中国科学技术大学官方微信公众号）



费米子哈伯德量子模拟器示意。红色和蓝色的小球分别代表自旋相反的原子，它们在三维空间交错排列，形成了反铁磁晶体。原子被光晶格囚禁在玻璃真空腔中。

／制图：陈磊

中央广播电视总台发布2024年度国内、国际十大科技新闻。中国科大研究成果“我国科学家首次成功构建超越经典计算机的量子模拟器”入选“2024年度国内十大科技新闻”。中国科学技术大学潘建伟、陈宇翱、姚星灿、邓友金等人成功构建了求解费米子哈伯德模型

的超冷原子量子模拟器，以超越经典计算机的模拟能力首次验证了该体系中的反铁磁相变，朝向获得费米子哈伯德模型的低温相、理解量子磁性在高温超导机理中的作用迈出了重要的第一步。相关研究成果发表于《自然》。

（转自中国科学技术大学官方微信公众号）

中国科大使用量子模拟器观测规范理论中准粒子禁闭的微观动力学行为

本报讯 中国科学技术大学潘建伟、苑震生等与合作者在超冷原子量子模拟实验研究中取得了重要进展，研究团队首次观测到格点规范理论中的禁闭相与非禁闭相相变的微观动力学过程，为理解这一复杂的量子多体现象提供了新的研究手段。相关成果近日发表在《自然·物理学》上。

在此项实验中，研究团队中的实验和理论合作者巧妙地设计了线性倾斜势与超晶格势相结合的方案，在该条件下将玻色-哈伯德模型映射为具有动态电场的U(1)量子

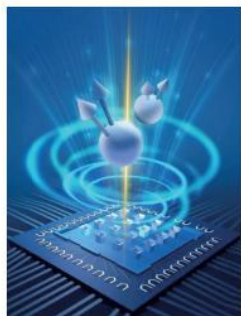
链路模型，实验模拟了具备动态电场的量子电动力学规范理论；同时，研究团队开发了具备单格点及粒子数分辨的量子气体显微镜，原位产生并实时观测了粒子与反粒子对的微观动力学，清晰展示了U(1)格点规范理论中禁闭相和非禁闭相的转变过程。

此项研究表明，超冷原子量子模拟方法为探索规范理论中的量子相变提供了全新视角，并将在研究非阿贝尔格点规范理论、二维和三位格点规范模型的非平衡动力学等计算复杂度超越经典计算能力的物

理问题中获得更为重要的应用。该论文自去年在arXiv预印本网站公布以来即受到相关领域学者的广泛关注，目前已被引用40余次，研究团队成员也受邀在国际原子物理大会ICAP2024和Gordon Research Conference上报告相关研究进展。

中国科学技术大学博士章维勇、博士研究生刘颖和北京科技大学讲师程艳婷博士为论文共同第一作者。

（物理学院 合肥微尺度物质科学国家研究中心 中国科学院量子信息与量子科技创新研究院 科研部）



成果示意图。16个非线性“光子盒”阵列囚禁的微波光子强相互作用形成分数量子反常霍尔态。

（注：“光子盒”的名字最早来自1930年爱因斯坦和波尔争论中提出的思想实验）

12月23日，《科技日报》发

布2024年终盘点《这一年，我们奋勇攀登科技高峰》，中国科大研究成果光子的分数量子反常霍尔态首次实现有望助推“第二次量子革命”入选。利用“自底而上”的量子模拟方法，中国科学院院士、中国科学技术大学教授潘建伟团队在国际上首次实现光子的分数量子反常霍尔态，为高效开展更多、更新奇的量子物态研究提供了新路径。相关论文发表于《科学》。

（转自中国科学技术大学官方微信公众号）

中国科大研发出室温液态金属基新型超快充液流电池

本报讯 近日，中国科学技术大学特任教授谈鹏团队在液流电池领域取得重要突破，为电动汽车储能技术的发展提供了新思路。相关成果发表在《先进能源材料》上。

研究团队设计了一种由镍、铜以及锌组成的液态合金电极作为可流动态负极，结合碱性电解质和空气正极，实现了超高能量密度与快速充电性能。理论容量密度高达1004.4Ah/kg²，且在10mA/cm²的电流密度下表现出平均容量密度635.1Ah/kg²的长时间稳定放电（123小时）。

该电池在充电过程中展现出与传

统汽油加注相媲美的超快充能力（<5分钟）。相较于现有的锂离子电池和其替代技术，室温液态金属基液流电池还具有以下显著优势：1) 高安全性；采用水系电解质，显著降低热失控风险；2) 高效率，在3800次循环中充放电电压为1.77V，能量效率相比常规空气电极提升22%；3) 优异稳定性；通过添加10%的镍和10%的铜，有效抑制电极枝晶生长和化学副反应，确保电池长时间稳定运行。

该室温液态金属基液流电池为传统混合动力汽车（HEV）提供了一种全新的替代方案，通过单一的

液态金属液流电池系统取代传统的内燃机与电池系统双动力源架构。此外，研究团队针对电动汽车的实际应用需求，提出了概念性电池堆叠设计，采用共用的集中式电解质储罐，并结合机械快速充电与传统电化学充电两种模式，大幅提升了系统的灵活性和空间利用效率。

工程科学学院特任教授谈鹏为该论文的通讯作者，何义博士研究生为第一作者，深空探索国家重点实验室高文旭博士研究生为共同通讯作者。

（工程科学学院 科研部）

中国科大提出基于对数螺旋线结构的新螺旋软体机器人

本报讯 近日，中国科学技术大学Nikolaos Freris特任教授课题组

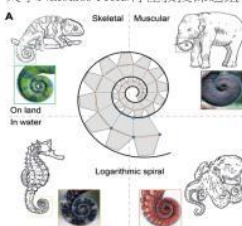


图 螺旋机器人的设计原理及多种样机。（A）螺旋线设计原理的仿生灵感来源。（B）本工作实现的代表性螺旋机器人。

及其合作者魏嘉特任研究员在软体机器人领域取得重要进展。该团



队首次提出基于对数螺旋线结构的新螺旋软体机器人，相关研究成果发表在Cell Press（细胞出版社）旗下期刊Devex上。

通过对多种生物的柔性体（象鼻、章鱼触手、海马和变色龙尾巴等）的形态学共性进行数学抽象和建模，该研究团队提出了一类具有普适性和可扩展性的软体机器人——螺旋机器人（如图示），并系统研究了其设计理论、制备方法和操作策略，在

多尺度、多材质、多维度协作交互等拓展应用场景中展示了该类机器人在动作灵巧度、精细度及速度等方面可拟生物体的优越性能。

研究团队提出一种逆向设计方法来实现螺旋机器人：首先确定机器人的极限弯曲形态（即遵循对数螺旋线方程），然后将螺旋线进行离散，展开得到机器人的直线形主体设计。该机器人通过采用3D打印加工成型，成本低、制备速度快，可实现高效优化和快速迭代。

此外，研究团队还进一步提出了一种仿生抓取策略，并基于简单的电流感知和控制即可实现对不同位置、不同物体的自动抓取，克服了传统方法中对于高精度传感器和复杂建模与控制方法的依赖。在此基础上，研究团队

展示了大量拓展设计（尺度从厘米到米不等）以及多机器人协作阵列。

这项研究提出的新型螺旋机器人技术有望进一步推进软体机器人的发展和成熟，为复杂抓取任务、人机交互、低空经济产业等应用场景提供强大的技术支持和创新解决方案。

中国科学技术大学计算机科学与技术学院博士研究生王展超为论文第一作者，Nikolaos Freris特任教授、魏嘉特任研究员为论文共同通讯作者。

（计算机科学与技术学院 化学与材料科学学院 科研部）