

# 中国科大“祖冲之二号”实现量子计算优越性

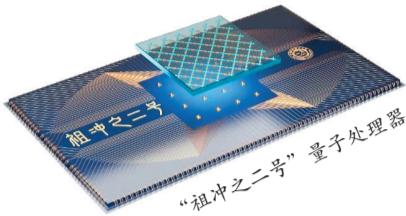
## 中国成为唯一在两条技术路线上达到这一里程碑的国家

**本报讯** 10月26日，中国科大潘建伟、朱晓波、彭承志等组成的研究团队与中国科学院上海技术物理研究所合作，构建了66比特可编程超导量子计算原型机“祖冲之二号”，实现了对“量子随机线路取样”任务的快速求解，求解速度比全球最快的超级计算机快1000万倍以上，计算复杂度比谷歌公开报道的53比特超导量子计算原型机“悬铃木”提高了6个数量级。这使得中国成为目前唯一在光量子和超导量子比特体系两条技术路线上达到“量子优越性”里程碑的国家。相关成果发表于《物理评论快报》和《科学通报》。

量子计算优越性是量子计算发展的第一个里程碑，是指量子计算机对特定问题的求解超

越超级计算机。达到该里程碑需要相干操纵50个以上量子比特，超导量子比特是国际公认的有望实现可扩展量子计算的物理体系之一。

潘建伟、朱晓波、彭承志等长期瞄准超导量子计算领域，于今年5月构建了当时国际上量子



比特数目最多的62比特超导量子计算原型机“祖冲之号”，并实现了可编程的二维量子行走。

近期，团队在“祖冲之号”的基础上，采用全新的倒装焊3D封装工艺，解决了大规模比特集成的问题，研制成功“祖冲之二号”，实现了66个数据比特、110个耦合比特、11路读取的高密度集成。

2019年和2020年，美国和中国相继推出量子计算原型机“悬铃木”和“九章”，实现了“量子优越性”，其中“九章”使用的是光量子技术路线。“祖冲之二号”的成功使中国成为唯一在两条技术路线上实现“量子优越性”的国家。（微尺度物质科学国家研究中心中科院量子信息与量子科技创新研究院）



# 中国科大陈秀雄团队成功证明 凯勒几何两大核心猜想

**本报讯** 中国科大几何物理中心创始主任陈秀雄教授与合作者程经睿在偏微分方程和复几何领域取得“里程碑式结果”，他们解出了一个四阶完全非线性椭圆方程，成功证明“强制性猜想”和“测地稳定性猜想”这两个国际数学界60多年悬而未决的核心猜想，解决了若干有关凯勒流形上常标量曲率度量和卡拉比极值度量的著名问题。两篇论文日前发表于国际著名刊物《美国数学会杂志》。

凯勒流形上常标量曲率度量的存在性，是过去60多年来几何中的核心问题之一。关于其存在性，有三个著名猜想——稳定性猜想、强制性猜想和测地稳定性猜想。稳定性猜想限制在凯勒-爱因斯坦度量时称为丘成桐猜想，由著名华裔数学家丘成桐于20世纪90年代提出，并由陈秀雄、唐纳森和孙崧率先解决。经过近20年

众多著名数学家的工作，强制性猜想和测地稳定性猜想中的必要性已变得完全清晰，但其充分性的证明在陈-程的工作之前被认为遥不可及，就如同不带任何装备攀登高峰一般艰难。

专家认为，求解一类四阶完全非线性椭圆方程，此前就如同一块无形的幕墙挡在数学家面前，陈-程的工作就是在幕墙上“掏了一个洞”，在毫无征兆的情况下找到一个突破口，不仅求出了方程的解，而且建立了一套系统研究此类方程的方法，为探索未知的数学世界提供了一种新工具。

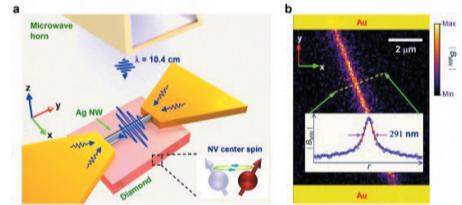
此外，他们还给出了环对称凯勒流形上稳定性猜想的证明，将唐纳森在环对称凯勒面上的经典定理推广到了高维，并对一般稳定性猜想的证明提出可能的解决方案，让一般稳定性猜想的完全解决成为可能。

审稿人评价，“陈-程的突破性工作原创性极高，技术艰深，不仅解决了凯勒几何中重大难题，也为此类非线性方程提供了深刻的洞见。可以预见，这一系列论文将成为几何与偏微分方程领域的经典之作。”英国皇家科学院院士、Fields奖和首届数学突破奖得主西蒙·唐纳森爵士认为，他们的工作已经提供了众多常标量曲率凯勒度量的新例子，毫无疑问将成为完全认识这个问题的基础。美国科学院院士布莱恩·劳森教授表示，陈和程最近的系列论文令人惊叹，诚为该领域一个实质性的突破。（桂运安）

# 中国科大实现深亚波长电磁场的局域和检测

**本报讯** 11月4日，中国科大郭光灿院士团队在纳米尺度量子传感研究中取得重要进展。该团队孙方稳教授课题组将量子传感技术与光学超分辨成像技术相结合，研究纳米尺度电磁场的超小局域和高精度探测，实验实现了百万分之一波长尺度电磁场局域。基于该发现，进一步将局域电磁场能量和与物质相互作用强度分别提升了8个和4个量级。成果发表在国际知名期刊《自然·通讯》上。

一般情况下，电磁波因为其波动性，最小可以被束缚在其波长范围内。然而，为了追求与物质的强相互作用，纳米科学需要实现更小尺度的电磁场局域和检测，推动纳米加工、信息存储、生物传感、微波光子学和量子信息等技术的发展。孙方稳课题组一直致力于利用量



纳米线-蝴蝶结天线结构对自由空间电磁场的局域和增强

子传感技术实现微纳电磁场的高精度探测。基于金刚石氮-空位系统，提出并发展了超低泵浦功率的电荷态耗尽纳米成像术，实现了4.1纳米空间分辨率的成像和量子态调控。

在本研究中，课题组利用该纳米线-蝴蝶结天线的偏振依赖特性，课题组还通过改变自由空间微波场的偏振实现对自旋比特的选择性操控，验证了该结构用于高空间分辨率量子比特操控。该成果将高空间分辨率量子传感成功应用于纳米科学的研究中，为探索纳米尺度下的电磁场与物质相互作用提供了一种有效工具。实验中实现的深亚波长电磁场局域及超强电磁场与物质的相互作用不仅可用于远场量子比特操控，还可用于极弱电磁信号的测量，如发展基于量子比特的微波雷达等技术。

文章第一作者为中科院量子信息重点实验室副研究员陈向东，通讯作者为孙方稳教授。（中科院量子信息重点实验室/中科院量子信息和量子科技创新研究院）

**本报讯** 11月4日，中国科大生命科学与医学部及附一院熊伟教授课题组在Nature Communications期刊发表论文，揭示耳蜗核-脑桥尾侧网状核-脊髓运动神经元这条神经环路在调控惊跳反射行为中的重要作用。

对于包括人在内的所有哺乳动物来说，突然的声音或触觉刺激可以在毫秒时间内诱发机体产生下意识的惊跳反射（startle reflex），也就是我们常说的“吓一跳”。惊跳反射存在于哺乳动物的整个生命周期，它的产生可以将机体多处肌肉收缩反应紧急调动起来，保护容易受伤的部位，如眼睛与后颈部，也为后续进一步的防御反应，如原地冻结（freezing），逃跑（escape），躲避（avoidance）等做好准备。惊跳

# 在解析本能防御行为的神经环路方面 中国科大获得新成就

反射的程度可以指征机体的焦虑状态，其异常更是与创伤后应激障碍症（Post-traumatic stress disorder, PTSD）、恐慌症（Panic disorder, PD）等精神类疾病密切相关。尽管惊跳反射是一种重要的本能防御行为，但是控制惊跳反射的基本神经环路尚不清楚。

在本研究中，课题组首先通过c-fos染色、在体电生理记录及在体光纤记录，发现声

音诱发惊跳反射时，位于脑干的脑桥尾侧网状核（Reticulotegmental nucleus, RtTg）的谷氨酸能神经元被大量激活。

熊伟教授课题组郭薇薇博士和范思佳博士为共同第一作者，熊伟教授为通讯作者。研究过程中，我校薛天团队、周逸峰团队以及北京大学李毓龙团队给予了协作与支持。

（生命科学与医学部）

# 在地球和行星早期挥发性元素增生和演化方面 中国科大取得重要进展

**本报讯** 近日，我校地球和空间科学学院吴忠庆教授课题组博士毕业生王文忠与李春辉博士合作，通过第一性原理计算，发现在太阳星云环境下，行星增生早期星胚（部分）熔融和挥发过程是地球贫挥发性元素的主因，为研究类地行星挥发性物质增生和演化提供重要启示。该成果发表在国际著名期刊Nature Geoscience上。

地球的挥发性元素（尤其是和生命相关的C、H、S、N）对行星形成、演化和宜居性

至关重要，其增生过程是地球和行星科学研究领域长期关注的难点问题。前人研究发现，相对于早期太阳系的物质组成，地球具有类似的难挥发性元素丰度，但非常亏损挥发性元素。目前学界关于地球挥发性元素的来源及其增生过程一直在争议。

由于早期地球记录极少被保留下来，通过早期地质样品直接研究地球挥发份的演化历史很困难。挥发性元素（例如硫）的稳定同位素为示踪地球的起源和演化提供了关键研究手

段。王文忠等通过基于密度泛函理论的第一性原理计算获得了高质量的核幔间硫同位素分馏系数，发现核幔分异引起的硫同位素分馏几乎可以忽略不计。本研究表明，地球起源于富挥发份物质，早期挥发是地球建立现今挥发性元素组成的关键，这为学界研究类地行星挥发份物质的起源提供了新的视角。

第一作者为王文忠博士，通讯作者为王文忠博士和李春辉博士，中国科大为论文第一单位。合作者包括美国内华达大学拉斯维加斯分校黄士春教授和李敏博士、英国伦敦大学学院John Brodholt教授、美国卡耐基科学研究所Michael Walter教授、中国科大黄方教授和中国地质大学（北京）王水炯教授。（地球和空间科学学院）

本报讯 10月20日，中国科大合肥微尺度物质科学国家研究中心、化学与材料科学学院傅尧教授与陆熹任副研究员在饱和碳偶联领域取得重要进展。研究团队开发钻-氢催化体系，实现高对映选择性烷基-烷基偶联。相关研究成果发表在Nature Catalysis上。

有机分子往往呈现“三维立体”的结构，饱和碳-碳键无处不在。而增加手性碳中心的数量也有助于提高药物开发成功几率。温和条件高对映选择性饱和碳偶联是有机结合化学研究的焦点和难题。

傅尧、陆熹等长期从事有机化学和绿色化学等领域的研究。基于绿色催化的理念，团队提出“烯烃还原偶联”概念，以性质稳定、来源广泛、易于获取的烯烃作为烷基化试剂实现温和条件碳-碳偶联。

研究团队开发手性钴络合物催化剂，使用易得的氟烯烃与烷基卤化物为原料，设计配体与底物间的氢-氟相互作用调控反应立体选择性，实现了氟原子邻位手性中心精准构建，突破了不对称偶联中辅助基团结构局限。

审稿人对该项研究工作给予了高度评价：作为“第一例钻催化的对映选择性C(sp<sup>3</sup>)—C(sp<sup>3</sup>)偶联”、本文“报道的钻催化体系具有很强的饱和碳-碳键构建能力，值得更多关注”。该项研究建立了新型钻-氢催化体系，有望促进更多不对称饱和碳偶联反应的发现，助力手性药物开发。

（合肥微尺度物质科学国家研究中心 化学与材料科学学院）

# 我校战队获国际GeekPwn大赛年度极客榜亚军

**本报讯** 10月24日，由GeekPwn联合多家国内外人工智能企业举办的G-TOP年度极客榜单，在上海展开现场评选，中国科大网络空间安全学院俞能海、张卫明教授团队的WM\_Team战队凭借“AI鉴定师——真实场景人脸深度伪造视频鉴别”项目荣获年度亚军。

GeekPwn由国内信息安全团队暮震（KEEN）发起并主办，是全球性关注智能生活的安全极客（黑客）大赛。报名队伍200余支，复赛队伍20支，进入G-TOP年度极客榜单的仅有10支队伍。前三名分别为：奇安信天工实验室的“卧底打印机”、中国科大WM\_Team战队的“AI鉴定师”，RealAI-清华大学联合战队TSAIL的“眼镜易容术”。

此次比赛的最大特点是主办方未设置统一赛题，各参赛队伍可以充分发挥自己的优势，向公众展示日常生活中可能存在的安全问题和巧妙的解决方案。组委会评委从“技术难度，实际价值，社会影响”等多个方面进行最终评分。

此次WM\_Team的参赛项目是对人脸深度伪造视频的鉴别。人脸深度伪造是近年来新兴的一类技术，通过深度学习算法，实现人脸视频的生成与伪造。这类技术目前已被广泛用于娱乐应用中，并开发了如DeepFaceLab等换脸软件。但这类技术的盛行也带来潜在风险，尤其是在金融、公共安全等领域，一旦出现恶意伪造，如身份伪造等将带来危害。因此研究真实场景下有效的人脸深度伪造视频鉴别技术具有现实意义。（柯王轩）

中国科大在饱和碳偶联领域取得重要进展