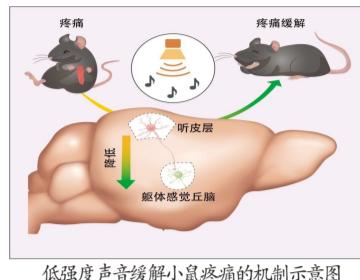


# 中国科大科研团队发现“声音能镇痛”的科学机制

**本报讯** 中国科大张智教授团队与国内外多支科研团队合作，通过实验证明高于环境声音约5分贝的声音能有效缓解小鼠的疼痛，并进一步揭示低强度声音可抑制大脑“疼痛区”活跃度，进而缓解疼痛的科学机制。国际知名学术期刊《科学》日前发表了该成果。

早在1960年，就有研究人员发现在牙科手术过程中，播放音乐能够调控病人情绪，并指出甚至是手术电钻的噪音，也能产生镇痛效果。但半个多世纪以来，“声音可减轻疼痛”这个现象的科学机制尚不清楚。

近期，中科大张智教授团队、美国国立卫生研究院刘元渊教授团队以及安徽医科大学陶文娟副教授团队合作开展研究，有了新发现。他们给爪子发炎的小鼠播放3种不同类型的声音，分别是舒缓的音乐、不协调的声音和白噪音。结果发现，这3种声音在低



低强度声音缓解小鼠疼痛的机制示意图

强度播放时，都能有效缓解小鼠的疼痛，而调高音量后效果就不明显了。

“我们实验发现，声音强度高出环境声音约5分贝的时候，镇痛效果最明显，10分贝时效果就减弱了，再提高声音，效果就基本消失了。”论文第一作者、中科大特任副研究员周文杰说。

## 中国科大实验检验量子网络非局域性

**本报讯** 我校郭光灿院士团队在非局域量子网络研究中取得重要进展，该团队李传锋、柳必恒研究组与奥地利Armin Tavakoli博士等人合作，使用超纠缠实现基于对称联合测量的纠缠交换，并研究双局域贝尔不等式和全量子网络非局域性。该成果7月13日发表在《物理评论快报》上。

贝尔非局域是量子力学和量子信息科学的重要基础。近十多年来，对非局部性的研究不再局限于两体问题，而是转向更复杂的结构。这类实验涉及多个独立的纠缠源，实验中将这些纠缠源进行多方分发和纠缠测量并最终形成非局域量子网络。由于量子网络所展示的非局域性突破了传统贝尔实验的框架，因此在物理

理论和实验上都存在巨大的挑战。

目前实验上连接独立纠缠源的纠缠测量主要是利用标准的贝尔态测量，对于更一般的纠缠测量及其所建立的非局域量子网络的性质研究还很缺乏。对称联合测量是一类重要的纠缠测量，与贝尔态测量有着本质的不同。它具有优雅而自然的对称性，可以作为一种量子信息资源进行利用。任意的对称联合测量需要控制非门和控制相位门的级联操作，这给只能概率性实现不同光子间的控制门的线性光学量子网络带来非常大的挑战。

在本实验中，研究组首先制备出一个超纠缠对，产生的两个光子的态分别在偏振自由度和路径自由度存在纠缠。然后，在同一个光子

研究人员利用病毒作为神经示踪剂，对小鼠的听皮层输出进行了全脑追踪，发现听皮层神经元大量投射到躯体感觉丘脑，而低强度的声音能抑制这种投射。

“简单来说，低强度的声音通过抑制听皮层神经元的投射，进一步抑制了大脑中负责‘产生痛感’区域的活跃度，使小鼠的痛感减轻。”周文杰说，小鼠是如此，但人脑的机制要复杂得多，声音对人类疼痛的缓解作用值得进一步深入研究。

中国科大特任副研究员周文杰博士、博士生叶崇欢、安徽中医药大学王海涛教授、博士生毛煜为该论文的第一作者。生命科学与医学部张智、安徽医科大学陶文娟、美国国立卫生研究院刘元渊为该论文的共同通讯作者。该研究的合作者包括中国科大附属第一院耳鼻喉科的赵婉博士和中国科大生命科学与医学部的陈林教授。（徐海涛 戴威）

的偏振自由度和路径自由度通过一个通用量子线路来实现任意的对称联合测量。由于同一个光子的不同自由度之间可以实现确定性的控制门，研究组经过自行设计的偏振-路径交换装置确定性实现了任意的对称联合测量。实验结果表明研究组实现的对称联合测量保真度达到了97.4%。研究组利用对称联合测量实现了纠缠交换，并研究了双局域贝尔不等式和全量子网络非局域性。实验结果展示了与标准贝尔态测量的非局域量子网络完全不同的性质。

该成果迈出了超越基于标准贝尔态测量的非局域量子网络的第一步，证明了不同的纠缠测量会构造出不同优势的非局域量子网络，为构建不同结构的非局域量子网络提供一种技术路线。文章第一作者为博士研究生黄岑潇和副研究员胡晓敏博士。

（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 中国科大潘建伟、苑震生等与德国海德堡大学、奥地利因斯布鲁克大学、意大利特伦托大学的相关研究人员合作在超冷原子量子模拟研究中取得重要进展：他们使用超冷原子量子模拟器，对格点规范场理论中非平衡态过渡到平衡态的热化动力学进行了模拟，首次在实验上证实了规范对称性约束下量子多体热化导致的初态信息“丢失”，取得了利用量子模拟方法求解复杂物理问题的重要进展。北京时间7月15日，国际著名学术期刊《科学》杂志发表了该研究成果。

规范场理论是现代物理学的基础，如描述基本粒子相互作用的量子电动力学、标准模型等都是满足特定群对称性的规范场理论。随着半个多世纪的发展，它在粒子物理学、宇宙学以及凝聚态物理学等领域获得了广泛应用。

由于其求解复杂度高，规范场理论体系中仍然有很多开放问题。其中，规范场理论描述的物理系统是否可以从远离平衡态经过演化达到热平衡就是一个备受关注并极具挑战的问题。这一问题的解决，有助于人们理解高能物理中重核碰撞的问题，也将为现代宇宙学中大爆炸早期物质的形成提供物理解释。但是，使用经典计算机求解复杂的规范场理论是一个公认的难题，量子模拟器为解决这一问题提供了新的路径。

近年来，人们尝试用离子阱、超冷原子气体、Rydberg原子阵列和超导量子比特等体系对格点规范场理论开展量子模拟研究。然而，由于格点规范场理论中相互作用形式复杂，并要求物理系统始终处在局域规范对称性约束条件下，这对格点规范场理论热化动力学的实验模拟造成了困难，因而还未在实验上实现。

为了解决以往的量子模拟器中相干调控的粒子数太少和无法保证规范对称性约束的两个主要问题，中国科大的研究团队开发了独特的自旋依赖超晶格、显微镜吸收成像、粒子数分辨探测等量子调控和测量技术，在超冷原子量子模拟器中提出并实现了光晶格中原子的深度制冷，解决了量子模拟器温度过高缺陷过多的问题，实验制备了近百个原子级别的规模化量子模拟器；首次实现了利用大规模量子模拟器对格点规范场理论量子相变过程的实验模拟，验证了过程中的规范不变性。

在以上基础上，通过实验和理论结合，该团队将系统制备到远离平衡的初态，首次实验研究了规范对称性约束对量子多体系统热化动力学的影响，并且观测到具有相同守恒量的不同初态热化到同一个平衡态的过程，验证了热化过程造成的量子多体系统初态信息的“丢失”，建立了规范场理论早期非平衡动力学与最终热平衡态之间的联系，在使用规模化的量子模拟器求解复杂物理问题的道路上取得了重要进展。在上述工作的基础上，该团队将进一步使用量子模拟的方法研究具有其他群对称性的、更高空间维度的规范场理论模型，研究真空衰变、动态拓扑量子相变等物理难题。

《科学》杂志审稿人对此给予高度评价，认为该研究“为超冷原子模拟格点规范场理论这一领域的发展做出了重要贡献”“代表了量子模拟研究领域的前沿。”

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

## 中国科大在陈数可调量子反常霍尔效应方面取得新进展

**本报讯** 我校合肥微尺度物质科学国家研究中心国际量子功能材料设计中心与物理系乔振华教授研究组基于单层过渡金属氧化物发现了理论上陈数可调的量子反常霍尔效应。该成果于7月14日发表于《物理评论快报》，并被选为当期封面。论文第一作者为2022届博士毕业生李泽宇。

量子霍尔效应是一种在外加强磁场下由于朗道能级量子化导致的无耗散的量子输运特性。然而，外加强磁场这一需求极大地限制了该效应的实际应用前景。近几十年来，探索无磁场的量子霍尔效应（即量子反常霍尔效应）吸引了众多物理学家的关注，并在理论和实验上都取得了很大进展。目前，已经提出或实现的量子反常霍尔效应集中在陈数为1（基于磁

性拓扑绝缘体薄膜等）或者2（基于单层石墨烯等）的小陈数体系，而陈数的大小直接对应量子通道的多少，低陈数的现状也显著影响了量子反常霍尔器件的工作效率。在探索大陈数或者陈数可调量子反常霍尔效应方面，研究人员主要是通过控制磁性拓扑绝缘体薄膜厚度或者磁性掺杂浓度的手段来实现不同陈数的量子反常霍尔效应。需要指出的是，在所有这些体系中，一旦样品或者器件制备好，相应的量子反常霍尔效应的陈数大小也被唯一确定。

在本工作中，该研究组经过系统研究，发现在单层过渡金属氧化物材料Ni<sub>3</sub>AsO<sub>3</sub>和Pd<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>上通过外加一个弱磁场调控材料的磁化方向便可实现不同陈数的量子反常霍尔效应。研究发现，在费米能级处，这两种材料都

具有六个自旋极化的狄拉克点。在引入自旋-轨道耦合作用之后，每个狄拉克点贡献半个量子化的霍尔电导，但方向各异。当磁化方向处于面内且破坏垂直面面对称性时，其中四个狄拉克点拥有相同的贝里曲率，而剩下两个狄拉克点处贝里曲率相反；此时，体系具有陈数为1的量子反常霍尔效应。而当磁化方向偏离体系平面时，六个狄拉克点贡献相同的贝里曲率。此时，体系具有陈数为3的量子反常霍尔效应。该项研究不仅提供了一种新型的研究量子反常霍尔效应的材料平台，更重要的是揭示了存在陈数可调的量子反常霍尔效应及其物理成因。

（合肥微尺度物质科学国家研究中心国际量子功能材料设计中心 物理学院）

## 中国科大在氢预混火焰动力学研究领域取得重要进展

**本报讯** 近日，我校火灾科学国家重点实验室肖华研究团队在氢预混火焰动力学研究领域取得新进展。该成果作为封面论文发表在国际燃烧领域知名期刊《Combustion Theory and Modelling》。

预混火焰动力学演化是燃烧领域非常重要的充满挑战的基础课题之一，涉及火灾与爆炸安全、内燃机燃烧、超新星爆炸等多方面的研究和应用。非稳态预混火焰在传播过程中受燃烧与流体动力学不稳定性、边界层与压力波效应、湍流与化学反应相互作用等机制的耦合影响，为高度非线性的复杂瞬态

过程，相关研究一直是燃烧领域的热点和难点。氢能源作为一种新能源，具有来源广泛、效率高和清洁无污染等优点，是助力实现“碳达峰、碳中和”战略目标的有效途径之一。然而，氢具有易泄露、易燃易爆的危险属性，其火灾爆炸致灾机理、预测方法和防控技术尚不完善。

该研究采用自主研发的高精度数值计算方法结合动态自适应网格技术求解可压缩反应性Navier-Stokes方程，模拟了半开口管道内氢-空气预混火焰的传播动力学过程。数值计算克服了由火焰演化多尺度特性所带来的

火焰-压力耦合求解难点，实现了不同尺度下压力波产生、运动及与火焰作用的准确捕捉。在此基础上，结合理论分析，深入剖析火焰与压力波、边界层等因素的相互作用，实现压力波效应与流体对流输运耦合分析，深入揭示了此类受限空间内预混火焰不稳定性发展的动力学机制，可为可燃气燃爆和氢安全的研究及应用提供理论和数值方法支持。

文第一作者为火灾科学国家重点实验室博士研究生沈婷，通讯作者为该实验室特任教授肖华华。

（火灾科学国家重点实验室）

而实现这种影响。相关研究成果发表于《自然·通讯》。

◇近期，潘建伟及其同事彭承志、陆朝阳、曹原应邀在国际物理学权威综述期刊《现代物理评论》上发表题为“基于‘墨子号’卫星的空间量子实验”的长篇综述论文。

◇7月16日，郭光灿院士团队韩正甫教授及其合作者王双、银振强、陈巍等实现了抗环境干扰的非可信节点量子密钥分发网络，全面提高了量子密钥分发网络的安全性、可用性和可靠性，向实现下一代量子网络迈出了重要的一步。相关研究成果在线发表在国际知名学术期刊《光子学》上。

## 科研简讯

◇ATLAS合作组于希格斯粒子发现十周年纪念日（2022.7.4）将该粒子的最新性质测量结果发表在《自然》杂志上，并作为本期封面展示。中国科大ATLAS实验组在相关工作中做出了重要贡献。

◇7月7日，朱书教授与王育才教授团队研究开发了一种新型口服抗生素递送载体，能够高效促进抗生素的口服吸收，同时有效降低抗生素对肠道菌群稳定的破坏。相关研究成果发表于《自然·生物医学工程》。

◇7月14日，郭光灿院士团队在基于里德堡原子的无线传感上取得新进展。该团队史保森、丁冬生课题组实现了一种基于里德堡原子的微波频率梳谱仪，在宽带微波的探测领域具有应用前景，相关成果发表于《应用物理评论》。

◇近日，我校国家同步辐射实验室/核科学技术学院刘庆华研究组应邀在《化学研究与评述》撰写原位同步辐射谱学综述论文。

◇7月16日，合肥微尺度物质科学国家研究中心副教授阳丽华课题组的研究揭示纳米颗粒的弹性如何影响其进入体内血液循环后的寿命，以及如何通过调控其蛋白冠从