

首个机械量子比特问世——

量子计算迎来“蒸汽朋克”时代

■本报记者 赵广立

近日，瑞士苏黎世联邦理工学院的研发团队在《科学》刊发的一篇文章令量子信息领域人士振奋：科学家首次在实验室制备出“机械量子比特”。

《科学》配发的评论文章称：“随着首个机械量子比特的问世，量子计算迎来‘蒸汽朋克’时代。”这一比喻将机械量子比特的诞生与20世纪初人类首台电子计算机所使用的机械开关媲美。

将不可能变为可能

“据我们所知，这应该是人类历史上制成的首个机械量子比特。”论文第一作者、苏黎世联邦理工学院华人博士生杨煜向《中国科学报》描述道，相比其他量子系统，他们制成的机械量子比特系统更大，大到“肉眼可以看到”。

西班牙光子科学研究所凝聚态物理学家 Adrian Bachtold 表示：“多年来，人们一直认为使用机械系统制造量子比特是不可能的。”

这一论述的背景是，尽管在最小尺度上的振动是量化的，但机械振荡器并不适合制作量子比特。原因有二：一是由于量子的不确定性，即使处于绝对零度，微小物体也不会完全静止；二是机械振荡器具有谐波能态，即“谐振子”，谐振子能态均匀分布，因此不可能操控其中两个谐振子形成量子比特。实现量子比特需要谐振子之间的能态是非均匀或非线性的。

“最大的挑战在于是否可以能让能级间隔足够不均匀，这样就可以处理其中两个而不触及其他能级。”论文通讯作者、华裔科学家储涛说，他们的研究成果打破了这一桎梏。“我们把超量子比特和一个普通的谐振子进行耦合，从而让这个谐振子‘继承’了超量子比特的非线性特性。通过对材料、系统参数等的改善，我们发现制成的机械谐振子的非线性特性大于谐振子的退相干速率，从而使它可以作为一个量子比特进行操作。”杨煜说。



▲该设备由一块蓝宝石芯片组成，上面有一个超导量子比特（左侧灰色矩形），而另一块蓝宝石芯片充当机械振荡器。
图片来源：Uwe von Lüpke

杨煜（左一）、储涛（左三）和其他机械量子比特研究团队成员。
受访者供图

三方面因素促成成功

杨煜的主要研究方向为超量子比特和高音声学共振器的耦合及其在量子信息中的应用。可以说，将超量子比特与声学振荡器耦合在一起是他的“拿手菜”，而这正是该研究的精彩之处。

他告诉《中国科学报》，这项研究的核心是一个量子声学动力学系统，由一个高次谐波声波谐振器和一个超导传输线路组成。他们通过精确控制这两个组件之间的耦合，实现了对机械谐振子的非线性调控。

具体而言，他们在厚度为400微米的蓝宝石晶体上，放置了一个微小的氮化铝圆顶，它会随着振荡电压而膨胀、收缩，从而向材料中发出振动。这些振动会在晶体表面间反弹，并持续数百万次，然后消失（衰减）。正是这种持久的振动，为实现长相干时间提供了可能。同时，系统产生了量子比特所需的非线性特性，即“非谐波性”，从而将融合系统的两个最低能态隔离出来，作为量子比特的0和1。研究团队进一步通过“Wigner 层析成像技术”使机械量子比特状态可视化。在不同的

驱动时间下，可以观察到谐振子从基态到激发态再到更高量子数态的演化过程。杨煜说，这些实验结果与理论模拟吻合，进一步证实了系统可作为量子比特进行操控。

值得一提的是，西班牙巴塞罗那大学的学者曾尝试用石墨烯材料与自旋量子比特耦合制成非线性态的振荡器，但其非线性强度不足以快过量子系统的退相干性。杨煜说，他们与该团队也作了交流，并同时开展实验。有意思的是，杨煜等人在实验中获得的非相干性，在一开始并不是他们想要的——它把系统变得复杂。但之后，考虑到这一效应可以在其他实验中，就继续做下去了。

“我们的成果得益于3方面：一是我们的样品参数越来越好，主要表现在耦合强度和相干时间上；二是我们没有盲目‘优化’实验系统，并最终‘变害为宝’；三是与同行开诚布公的交流使我们受益匪浅。”杨煜对《中国科学报》说。

量子传感、信息处理均有望受益

谈及这项成果的意义，杨煜表示，这个系

统并非只用于量子计算。机械振子相对于其他量子系统质量较大的优势，使其可以进行一些引力相关的测量，比如探测某些高频率的引力波和一些其他量子系统难以感知的微弱力场。

正如德国马克斯·普朗克量子光学研究所量子物理学家 Stephan Dürr 评价的那样，该成果“将一个新系统放在地图上了”，该系统也许可用于探究量子力学和引力的交界。

“而且，机械振子可以同时和微波、光子等信号耦合，因此它可以用来做信息转换的工作，比如把一个微波光子携带的信息转化成红外光信息。”杨煜说，这样做的好处是，它以后可以做量子网络的接口，不同的量子计算机之间能通过这种装置互相沟通。需要指出的是，这里可实现的是真正的量子态的通信——系统传递的是量子的叠加态的信息，而不是经典信息。

此外，实验结果显示，该机械量子比特的相干时间可达200微秒。目前最好的超量子比特相干时间记录约为1毫秒（1000微秒）。

“它可以有很多声音模式在里面。”杨煜解释说，因为声音比光子慢很多，所以这个机械振子尽管体积很小，但它可以有多种模式——可以用多种声音模式进行耦合，进而开展一些计算操作。

“当然，这个成果现在做量子计算还远远不够。超导量子系统已经有近30年的研究历史了，相比之下机械量子系统还是‘孩子’。”杨煜说，“我们需要进一步提高相关参数，然后再想一些更聪明的点子，让它更快成长。”

《科学》配文评论称，这一方法为量子模拟、传感和信息处理提供了一个强大的量子声学平台，但是新的机械量子比特不太可能在短期内击败更成熟的竞争对手。比如它的保真度仅为60%，而量子比特的最佳保真度则超过99%。

“这完全是原理上的进步。”Bachtold 说。

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1126/science.adr2464>

发现·进展

华南农业大学

揭示睡眠剥夺与肠道损伤机制

本报讯（记者朱汉斌）华南农业大学教授孙坚团队研究发现，睡眠剥夺期间代谢紊乱通过抑制 HIF1 α 介导的修复功能，加剧了肠道损伤的分子机制。相关研究成果近日发表于《细胞报告》。

睡眠不足已成为全球性问题。睡眠不足会导致应激反应，尤其是影响食欲和消化功能。长时间睡眠不足会削弱肠道屏障，使食物消化吸收效率下降，从而进一步影响身体健康。但睡眠剥夺对肠道损伤的机制还需进一步阐明。

肠道损伤和肠道修复的平衡对于维持肠道健康非常重要。2024年8月，孙坚团队曾发现睡眠剥夺会导致肠道发生铁死亡。相关成果发表于《果蝇研究杂志》。最新研究则从另一个视角，研究了睡眠剥夺对肠道修复功能的影响，更加全面地解释了睡眠剥夺对于肠道损伤的具体机制。

该研究通过对睡眠剥夺小鼠肠道的转录组分析，发现睡眠剥夺导致肠道缺氧，介导肠道修复的缺氧诱导因子 HIF1 α 的表达失调。进一步机制研究发现，睡眠剥夺会导致代谢紊乱，造成代谢物 α -酮戊二酸在肠道中积累，进而激活了脯氨酸羟化酶 PHD2，从而抑制 HIF1 α 的表达，加剧睡眠剥夺对肠道的损伤。这为治疗慢性应激导致的肠道屏障损伤的药物研发，提供了新靶点。

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1016/j.celrep.2024.114915>

中国科学院成都生物研究所

青藏高原受微塑料污染影响小

本报讯（记者杨晨）中国科学院成都生物研究所博士研究生白笑云在该所研究员潘开文和副研究员张林的指导下，以青藏高原农田土壤为研究对象，探讨了青藏高原地区农田土壤中微塑料的分布特征及其生态风险。该研究有助青藏高原农田生态系统的可持续管理和高质量利用。相关研究成果近日在线发表于《有害物质杂志》。

微塑料通常指直径小于5毫米的塑料，在极地、海洋、淡水、土壤甚至是大气等自然环境中广泛存在，被认为是一种重要的环境污染物。目前，国内外关于微塑料污染的研究主要集中在海洋、淡水湖和河流等水生生态系统中，有关农业土壤和陆地生态系统中微塑料污染的研究相对较少。农田土壤是陆地生态系统的重要组成部分，其在陆地环境微塑料沉积和转运方面起着至关重要的作用。

青藏高原作为世界上生态环境独特的重要区域，是亚洲许多河流的发源地，也是世界上较少受到人为干扰的区域。这些区域是否存在微塑料污染？如果受到污染，现状如何？这些问题尚不清楚。

白笑云等人经过研究发现，研究区土壤样品中微塑料含量为16.67~950个/千克干土，其中，西藏城关区土壤样品中的微塑料丰度最高，平均611.11个/千克干土。微塑料的主要类型有聚对苯二甲酸乙二醇酯（PET）、聚丙烯（PP）和聚乙烯（PE）。此外，不同地区和栽培条件下的微塑料多样性和生态风险存在显著差异。风险评估模型显示，农业土壤显示出相对较高的聚合物风险（47%的区域风险等级为三级）。除受外在因素影响外，微塑料的多样性还对微塑料污染的风险起内在调节作用。

该研究阐明了青藏高原农田生态系统中微塑料的种类、尺寸、颜色、类型和丰度特征。研究表明，与其他区域相比，青藏高原受到微塑料污染的影响很小，青藏高原仍然是世界上少有的一片净土，反映了青藏高原农田生态保护取得的重要成绩。不过，研究也指出，青藏高原农田生态系统已出现微塑料的沉积，因此要加强塑料制品的合理使用和回收利用，防止微塑料污染加剧和扩散。

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2024.136413>

简讯

新编《清贫的牡丹》首演 致敬“共和国勋章”获得者王振义

本报讯（记者王兆昱）近日，在“共和国勋章”获得者、中国工程院院士王振义百岁寿辰当天，新编原创大师剧《清贫的牡丹》在上海交通大学首演。

《清贫的牡丹》取材于王振义家中的一幅油画。画中牡丹花色淡雅并冠名清贫，寓意做人要有雄心，同时要正确对待荣誉和自我约束。该剧作为上海市首部原创大师剧，此前已连续13年在医学院

上演20余场。

此次新编话剧首演，通过现代舞台技术，全新演绎了王振义求学、上山下乡、医疗服务、科学研究、教书育人等经历，并穿插了他与妻子谢竞雄医生的爱情故事。该剧由上海交通大学医学院和附属医院的师生与医务工作者出演。

首演现场还举行了《功勋·国之脊梁王振义画册》首发仪式。

“钻穿洋壳”国际研讨会举行

本报讯（记者朱汉斌 通讯员任颖芝）近日，“钻穿洋壳”国际研讨会在广州南沙召开。

记者获悉，本次研讨会以“用好‘梦想’号大洋钻探船这一重大科技装置和‘钻穿洋壳’”为主题，以“构建国际大洋钻探大科学合作平台”为主要目标，围绕国际大洋钻探计划（IODP）的历史及未

来发展、全球洋壳钻探研究及莫霍面分布等方面进行了报告和研讨。会议最终达成共识——尽快建立以中国为主导的国际大洋钻探组织架构，早日实现“钻穿洋壳”的梦想。

本次研讨会由崂山实验室、中国地质调查局、国家自然科学基金委员会共同主办。



近日，中国科技馆科学文化访谈节目《北辰对话》迎来了90岁高龄的世界知名灵长类研究专家珍·古道尔。

这期《北辰对话》的主题是“今天与未来：生态教育的力量”，由中国科技馆馆长郭哲担任召集人，央视主持人高博、国家动物博物馆馆长张劲硕、知名中国野生动物摄影师奚志农与珍·古道尔共同探讨关于生态和希望的话题。

图为珍·古道尔博士在访谈节目现场。

本报记者高雅丽报道
中国科技馆供图

扎根科研一线的“追光者”

——访山东科技大学机械电子工程学院教授张强团队

■本报记者 廖洋 通讯员 韩洪烁 徐展

解题：专啃生产上的“硬骨头”

张强团队在行业内是出了名的敢啃“硬骨头”的人，越是有挑战性的难题，他们越要往前冲。用张强的话说就是“哪里需要新技术，哪里就是我的阵地”。

2021年，郑州煤矿机械集团股份有限公司因为液压支架支护设计难题，打电话向张强求助。张强立即和团队成员带上设备到现场对接。经过一个多月的现场勘测与研究，他们设计出新型吸能防冲结构，解决了企业的燃眉之急。

2023年，郑州煤矿机械集团股份有限公司再次遇到支架智能化升级难题时，又在第一时间找到了张强团队。这次，团队为其开发了新型支护机构及系统，实现了在机构设计和控制技术方面的突破。

团队组建以来，张强及团队成员每年奔赴全国各地30余座煤矿，了解煤矿一线的环境，掌握一线人员作业习惯，收集煤矿一线的技术需求。有一次，张强与往年一样，带着团队师生到中煤张家口煤矿机械有限责任公司现场实

践。在与企业负责人交流中，他获悉企业生产遇到了刮板输送机耐磨制造工艺方面的难题。

“我们不能解决？”从现场回来，张强便组织团队发起“头脑风暴”，从问题分析到解决方案，没漏掉一个细节。没多久，张强就来到该企业，当面提出了解决方案并签订了合作协议。

经过半年多的努力，团队研发了国内最长输送距离和连续运载能力超过6000万吨的高可靠性刮板输送机，实现了长运距刮板机高可靠性稳定运行，保障故障年输送量达千万吨以上。

此后，张强团队与该企业陆续签订了中部槽钢耐磨合金研发、链轮耐磨优化技术及耐磨机理等多个科研项目，为企业解决了一个又一个难题。

“行业的难题就是我们的选题，以技术进步助力‘富矿精开’高质量发展是我们的责任。”张强说。

育人：为行业培养一批批专业人才

在人才培养上，张强团队有一套自己的做

法。团队每名教师每年至少要参与一个教学研究项目。团队还实行本科生“学业导师”制，让每一名教师与本科生“结对子”，从大一至大四全环节、全过程指导学生。

“培育青年人才梯队”是团队多年的追求。为了培养年轻人，几乎每一个项目，每一次外出试验，张强都会带上团队青年骨干。团队外成员顾颖颖表示，自己从2016年起，在张强的带领下开始硕博阶段的学习，在一次次项目研究过程中，培养了能够弯下腰、扎下根、不怕苦的品质。

迄今，张强团队已培养硕博研究生50多人，为我国机械装备事业储备了一批生力军。2021届研究生毕业生米豪鼎因为在与中国煤炭科工集团太原研究院有限公司的合作中做出了很多成果，毕业后直接入职这家单位。

“面试时，单位问了很多具体的实践操作问题，我之前做了很多应用项目，心里特别有底。”米豪鼎说。

从课内到课外，张强团队都有意识地引导学生热爱科研、走进科研。他还利用周末和休息时间指导学生参赛，有时，尽管教学、科研任务重的张强感到十分疲惫，一旦学生来求助，他仍会打起精神，耐心给予指导。经他指导的学生获10余项省级以上科创竞赛奖，其中“高端装备智能运维诊断系统”项目还实现了成果转化。

“行业的发展关键在人才。”张强说，“希望培养更多‘追光者’在科研的跑道上快速前行。”

易控的高端装备成为煤矿建设的关键难题和挑战，这也是国内外科研工作者的研究重点。

为抢占这块前沿高地，张强带领团队坚持10余年扎根煤矿一线，经常舍弃休息时间，常年“泡”在煤海里开展科研攻关。2023年，他们研发出千万吨级工作面高可靠性安全保障技术及装备，建成了世界首套1:1真实模拟煤矿环境的综采成套装备测试分析系统并通过验收，成果达到国际先进水平，实现了年产千万吨煤炭的综采工作面成套装备无故障运行，生产效率提高20%，人员减少70%。

2023年，“千万吨级工作面高可靠性安全保障技术及装备”项目获山东省科技进步奖一等奖。

一系列突出的研究成果，源于团队多年的潜心研究和学术沉淀，更源于自觉服务国家重大建设需求的使命担当。在这一信念的驱动下，团队师生把采煤场当成研究的战场，一点点啃下矿山安全高效开采的“硬骨头”。目前，团队已拥有100余项专利技术，获山东省科技进步奖、青岛市科技进步奖等多项奖励。