

---

# 华人一作论文登《科学》：首次实现机械量子比特

作者：writer 来源：科学网

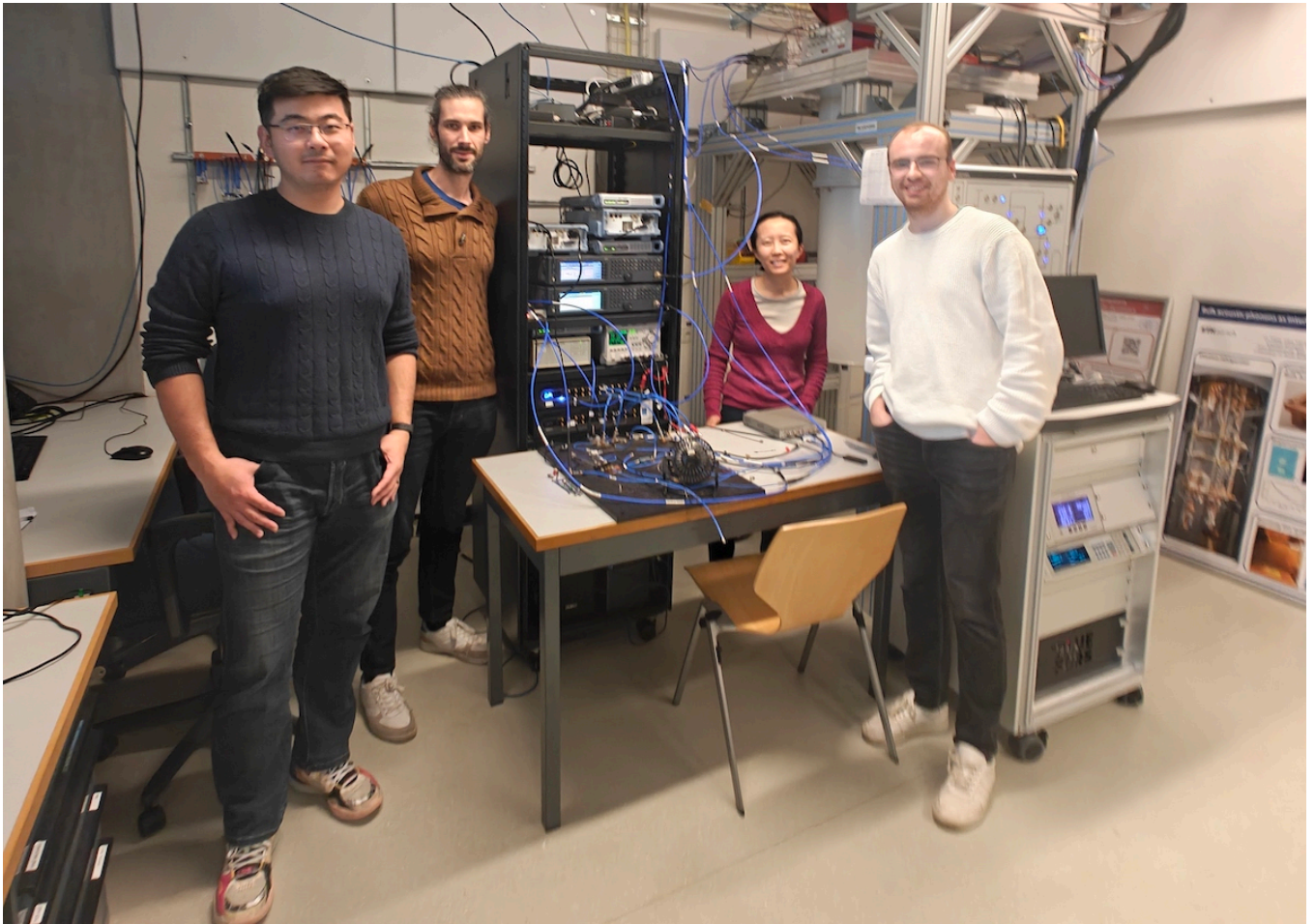
本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/30615.html>

*本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！*

华人一作论文登《科学》：首次实现机械量子比特

。近日，《科学》杂志刊发的一篇论文足以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”。

《中国科学报》记者采访了解到，完成这一突破的团队来自瑞士的苏黎世联邦理工学院，论文第一作者系该校华人博士生杨煜，他本科就读于中国科学技术大学少年班学院理科试验班；论文通讯作者是杨煜的导师、华裔科学家储漪雯。



机械量子比特研究团队（左起依次为杨焜、Matteo Fadel、储漪雯、Igor Kladari?）。杨焜供图

## 将不可能变为可能

“据我们所知，这应该是历史上人类制成的首个机械量子比特。”杨焜向《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“肉眼可以看得到它”。

《科学》官网配发的评论文章称：“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”（With first mechanical qubit, quantum computing goes steampunk）。这一比喻，是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相媲美。

西班牙光子科学研究所凝聚态物理学家阿德里安·巴赫托尔德（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。”此论的背景是，尽管在最小尺度上的振动是量子化的，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；第二个挑战是，机械振荡器具有谐波能态（即“谐振子”，振子间能态均匀分布），这使得不可能操控其中两个振子来形成量子比特——实现量子比特需要振子之间的能态是非均匀或非线性的。

“（最大的）挑战在于你是否可以让能级间隔足够不均匀，这样你就可以处理其中两个而不触及其他能级。”储漪雯说，他们的研究成果正是突破了这一桎梏。

---

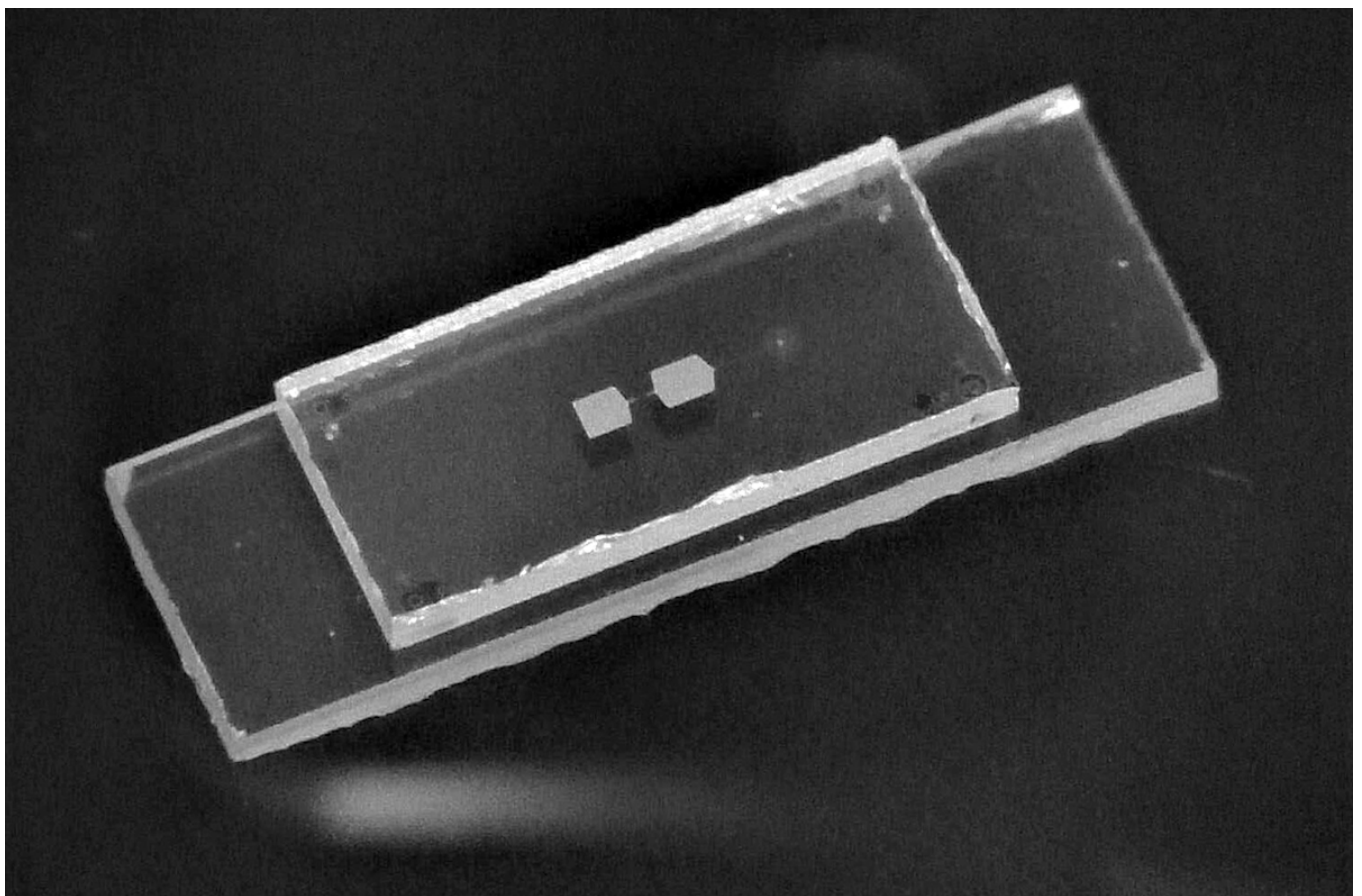
杨煜向《中国科学报》介绍说：“我们把超导量子比特和一个普通的谐振子进行耦合，从而让这个谐振子‘继承’了超导量子比特的非线性性；通过对材料、系统参数等的改善，我们发现制成的机械振子的非线性性大于谐振子的退相干速率，从而使它可以作为一个量子比特进行操作。”

### 三方面因素促使成功

杨煜的主要研究方向为超导量子比特和高泛音体声共振器的耦合及其在量子信息中的应用。可以说，将超导量子比特与声子振荡器耦合在一起是他的“拿手菜”，而这也正是这项工作的精彩之处。

他告诉记者，这项研究的核心是一个量子声学动力学系统，由一个高次谐波体声波谐振器和一个超导传输子（transmon）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之间反弹，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性（也即“非谐波性”），使他们能够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。



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（右侧灰色圆点）。图片来源：Uwe von Lü pke

---

进一步地，研究团队通过“Wigner层析成像技术”可视化了机械量子比特的状态。在不同的驱动时间下，可以观察到振子从基态到激发态、再到更高粒子数态的演化过程。杨煜说，这些实验结果与理论模拟紧密吻合，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，在开展相关工作中，他们与该团队也作了交流，并同时开展了实验。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——它把系统变得复杂起来；但之后，考虑到这一效应可以用在其他实验中，就继续了下去。

“总结来说，我们的成果得益于三方面，一方面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；一方面是我们没有盲目‘优化’实验系统，并最终‘变害为宝’；另一方面，与同行开诚布公的交流也使我们受益匪浅。”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，杨煜对记者表示，“这个系统并不是纯（量子）计算的东西”。

他说，机械振子相对其他量子系统质量较大的优势，可以用以进行一些引力相关的测量，比如可以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。

正如马克斯·普朗克量子光学研究所的量子物理学家斯蒂芬·杜尔（Stephan Dürr）所评价的那样，该成果“将一个新系统放在了地图上”，该系统也许可用于探究量子力学和引力的交界。

“另一方面，机械振子可以同时和微波、光子等信号相耦合，因此它也可以用来去做信息转换的工作，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，这样做的用处是，以后可以用来做量子网络的接口，不同的量子计算机之间可以通过这种装置互相沟通。要指出的是，这里可实现的是真正的量子态的通讯——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——尽管目前最好的超导量子比特相干时间记录约为1毫秒（1000微秒），但相对一般的量子比特而言，这已经算是一个相对较好的表现，而且极具潜力。

“它可以有很多声子模式在里面。”杨煜解释说，因为声子比光子慢很多，所以我们这个机械振子尽管体积很小，但它可以有多种模式——我们可以用多种声子模式去进行耦合，进而开展一些计算的操作。

“当然，这个成果现在去做量子计算还是远远不够的。超导量子系统已经有近30年的研究历史，相比而言机械量子系统还是个‘孩子’。”杨煜说：“我们需要继续加油，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》配文也评论称，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%。

“这是原理上的进步”，阿德里安·巴赫托尔德说。

相关论文信息：

<https://www.science.org/doi/10.1126/science.adr2464>

<https://www.science.org/content/article/first-mechanical-qubit-quantum-computing-goes-steampunk>

作者：赵广立 来源：中国科学报

更多 科学进展 请访问 <https://www.iikx.com/news/progress/>

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，[爱科学iikx.com](https://www.iikx.com)转发