新闻热线：010—58884065
E-mail：kjrbchenmeng@126.com
■责编 刘 恕
科技日报
2017年10月30日 星期一

中国科学技术大学潘建伟等人在国际上首次通过量子调控的方法，在超冷原子体系中发现了拓扑量子物态中的准粒子——任意子，并实现了任意子之间的编织交换过程。

光晶格中的原子自旋纠缠态示意图

窥见物理学家大脑中的“精灵”

本报记者 **吴长锋**

日前，中国科学技术大学潘建伟教授及其同事苑震生、陈宇翱等人在国际上首次通过量子调控的方法，在超冷原子体系中发现了拓扑量子物态中的准粒子——任意子，并证实了任意子的分数统计特性，向着实现拓扑量子计算迈出了重要一步。国际权威学术期刊《自然·物理学》发表了该成果。

究竟什么是任意子？为什么它会在自然界中出现？

自然界存在着奇异粒子

1983年，人们在研究当时引人注目的一个宏观量子现象——分数量子霍耳效应时，逐渐意识到这个效应中可能就存在任意子。

爱因斯坦曾说过：“常识只是人们在18岁以前对自然形成的一种偏见。”这话很诙谐，但寓意深刻。新的物理现象的发现，就会产生一种全新的理论。新理论相对于旧理论而言，一般总是要违背某些所谓的常识，分数统计及服从分数统计的任意子理论的诞生及其发展过程，就是一个典型的例证。

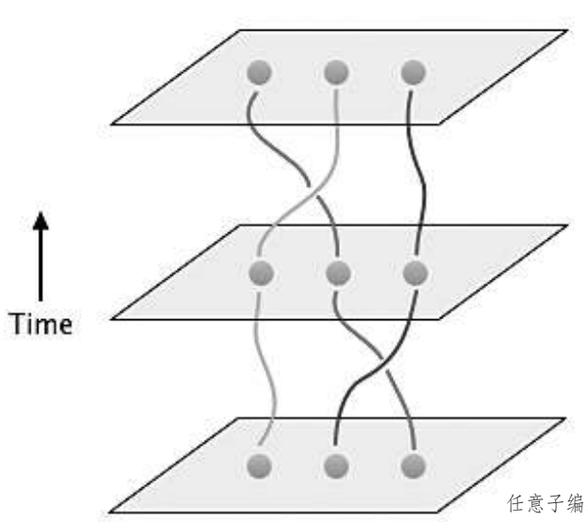
“量子力学中最美妙、最惊人的成就之一，就是给经典力学中毫无意义的全同粒子不可区分性原理赋予了全新的含义，真正不可区分的全同粒子之间具有强烈的相互作用”，中国科技大学陈宇翱教授告诉科技日报记者，这种相互作用通常是通过量子统计规则来实现的。一般说来，全同粒子可分为两类：一类是费米子，具有强烈的排斥作用；另一类是玻色子，都可以凝聚到能量最低态。

“多年来，人们一直认为自然界中只存在费米和玻色两种量子统计。但有人对此提出了疑义，认为可能存在介于玻色子和费米子之间的新的全同粒子，这种粒子一般被称为‘任意子’，它所遵循的统计规则叫分数统计”，陈宇翱说，最早指出这种新的量子统计可能存在的，是两位挪威物理学家。在系统地研究了空间拓扑性质和全同粒子不可区分性原理后，意识到在二维空间中可能存在新的量子统计，1982年美国物理学家F·魏尔茨克提出了任意子的概念。

随后研究表明，任意子可以存在于某些理论模型之中，当时的任意子仅仅是寄生在少数几个理论物理学家大脑中的精灵，甚至被认为这只是一些数学上的奇异现象，谁都没有料想到，现实世界中居然还真的会发现这种奇异粒子存在的迹象。1983年，人们在研究当时引人注目的一个宏观量子现象——分数量子霍耳效应时，逐渐意识到这个效应中可能就存在任意子。

这在物理学界引起了广泛注意，从而为任意子的理论研究注入了生机。在分数量子霍耳效应理论方面作出了杰出贡献的美国物理学家R.B.劳克林指出，处在费米和玻色子之间的服从1/2统计的任意子的基态可能是超导的，他的理论简单新颖，激发了人们对任意子理论进行深入细致的研究，成为理论物理研究中的一个热点。

“当任意子的概念提出时，它似乎违反了量子力学的基本常识，但通过分析量子力学中拓扑性质后，找到了这种粒子在二维空间存在的可能性。”陈宇翱说。



任意子编织的示意图

任意子只会在二维空间出现

二维空间的拓扑性质与现实生活中的螺旋结构有些类似。在二维空间中，两个全同粒子交换位置，总可以分为逆时针和顺时针两个方向的绕动。这就是二维空间中为什么会出现任意子的原因。

既然任意子只会在二维空间出现，而我们生活的世界是三维的，那么现实世界中不就没有任意子存在了吗？

为了解答记者提出的问题，陈宇翱教授举了个日常生活中的例子：“例如女孩子编辫子，将一部分头发分成三股，依次由外朝里编，每编一次就会形成一个结，连续编两次，头发并不会回到原来的状态，多编几次就编成了一个辫子。又如，我们绕螺旋楼梯登高塔，每走一圈就上升一层，并不是回到原地，但从塔顶往下看，我们只是绕塔在原地兜圈子。”

“二维空间的拓扑性质多少与这些具有螺旋结构的例子有些类似”，陈宇翱告诉记者，在二维空间中，两个全同粒子交换位置，总可以分为逆时针和顺时针两个方向的绕动。而在三维空间中脱离一个特定的平面后，或者说一个有特定方向的轴线后，就不再有绕动这样的概念。“所以，在二维空间中两个粒子朝一个方向连续交换两次，波函数并不一定要求回到原来的状态，而完全可以多出一个复相因子，这时波函数的几率分布并不改变”，“不太严格地说，这就是二维空间中为什么会出现任意子的原因”。

近几十年来，物理学家对具有低维结构的物质进行了大量的研究发现，这些固体中有许多现象和低维空间的许多性质相关，如固体中的层状结构就具有二维空间的许多性质，这为任意子的存在提供了基础。当1983年美国物理学家霍尔珀林指出，现实世界中已经发现任意子存在的论据时，连任意子理论创导者之一的F·魏尔茨克都表示惊讶不已，大有“叶公好龙”之嫌。

“虽然现实世界是三维的，但是固体物质的丰富结构为我们寻找新的复合粒子提供了有利场所，脱离这些物质我们是不可能发现新的任意子的。”陈宇翱说。

“窥见”任意子

潘建伟研究团队创造性地搭建了新的实验系统并开发了独特的量子调控技术，通过微波反转原子自旋的方法，实现了任意子之间的编织交换过程。

任意子的理论被提出后不久，物理学家就在实验中捕捉到了它的踪迹。但如何直接实验观测任意子交换时产生的拓扑相位，进而验证其分数统计特性，一直是一个巨大的实验挑战。

10多年前，潘建伟研究团队就开始了对拓扑量子计算的研究并取得了一系列成果。近期，他们创造性地搭建了新的实验系统并开发了独特的量子调控技术，研发了自旋依赖的超晶格系统来囚禁和操控超冷原子，成功操控光晶格中约800个超冷原子同时产生了约200个四原子自旋纠缠态。他们首次观测到了四体环交换相互作用，并通过微波反转原子自旋的方法，实现了任意子之间的编织交换过程，首次在光晶格体系中直接观测到了任意子交换产生的分数拓扑相位。

“研究成果的实现，的确是一件令人激动的成就。”陈宇翱表示，这将为进一步研究任意子的拓扑性质提供新的实验平台和手段，将推动拓扑量子计算和晶格规范场量子模拟领域的研究进展。

有学者甚至提出一个大胆的设想，利用拓扑材料保护量子比特并操控材料中的任意子进行量子计算。而理论研究表明，拓扑量子计算可以达到很高的容错能力，进而激发了科学家们研制量子计算机的热情。

“现在我们已经发现自然界中确实存在任意子，这极大地丰富了量子理论，使我们对物质世界有了更深刻的认识。可以相信，随着人们对具有层状结构的物质进行深入的研究，任意子理论会具有更广泛的应用前景，但其中还有许多基本问题有待去研究、去探索。”陈宇翱说。

深海着陆器：海底的人造“海洋之眼”

第二看台

本报记者 **陈 瑜**

近日，我国新一代远洋综合科考船“科学”号在南海成功回收了我国国内首套连续工作超一年的“深海着陆器”。

在过去375天里，被称为人造“海洋之眼”的深海着陆器，在水深1130米左右的南海北部一冷泉喷口处，进行原位观测，带回了约186千兆的冷泉区高清影像和传感器数据资料。

深海着陆器为什么布放在南海冷泉区？着陆器上携带了哪些高科技“武器”？这些数据将揭开冷泉生态系统哪些深海秘密？在冷泉区布放着陆器有什么技术难点？中国科学院海洋研究所特聘研究员、着陆器2016年测试和布放航次的首席科学家张鑫对此进行了解答。

将实验室搬到了海底

南海冷泉区，这是此次深海着陆器工作的主要战场。

冷泉，顾名思义，温度较低，但又非一个“冷”字可以概括。

张鑫说，冷泉是一种以水、碳氢化合物（天然气和石油）、硫化氢、细粒沉积物为主要成分，温度较低，流体温度与海水温度相近的流体，主要分布在被动陆缘和主动陆缘斜坡海底沉积面之下。

通过“科学”号平台回收已经连续工作超过一年的系统

冷泉反映了海底的一种极端环境，但在这种环境中又生活了大量的生物，它们不依靠阳光而生存，正因如此，冷泉成为地球科学以及生命科学研究的热点。

这次考察的南海冷泉区主要位于台西南海域。“该海域冷泉区已经活动了很长时间，形成了大量自生碳酸盐岩，其喷口周围也富集着大量的生物，主要以潜铠虾、铠甲虾、贻贝、阿尔文虾为主。此处生物群落繁茂，水深1130米左右。”张鑫说，经过综合考虑，项目组选择对该海域的冷泉区进行细致的长期原位观测。“如果将样品取上船再做分析研究，变化的温度和压力将导致海底生命的死亡，所谓原位探测，相当于将实验室搬到了海底。”

自己编程自动“叫醒”

2016年9月8日零时，激动人心的时刻到来，借助“科学”号母船的同轴铠装通讯电缆，重达近两吨的深海着陆器，被缓缓放至台西南海域冷泉区。

张鑫说，如果将一个海域比作一个房间，深海着陆器相当于在房间里安了个摄像头，能够监控水下生物的生活规律。“它能够自己编程，一般每隔几个小时‘醒’一次，监控两分钟左右又进入梦乡。”此次布放前，科学家已将这台着陆器进行了长达一个月的试布放。

与之前着陆器相比，这是国内首套在深海连续工作超过一年的深海定点观测系统。张鑫说，要让系统在深海工作这么长时间，需要进行特别的低功耗设计。“每天每个系统都需要工作四次，每次几分钟，加起来一年就要消耗很多电力，此外系统待机的时候也需要消耗电力。”

尤其值得一提的是，这次着陆器布放的位置是在活跃的冷泉区。与广阔的台西南海域相比，冷泉冒泡的喷口也就与陆地上的篮球场大小相当，布放时需要船、潜水器和着陆器紧密配合，才能将近两吨的着陆器一点点地准确挪至喷口。

多功能的深海作业平台

受科技水平限制，人们对海洋的认知多是通过航海取得，对海洋过程的观测只能是表面的、短暂的、不连续的。随着技术的发展和探测需求的推动，科研人员的视野不再局限于海表，而是想深入“虎穴”进入海水以下进行连续长期的观测。

“着陆器也是作业平台，可以完成多种原位传感器数据资料的获取工作”，张鑫说，此次布放的深海着陆器搭载了CTD设备，以获取冷泉区域的温度、盐度、深度。为了能使深海着陆器这只“眼睛”看得更多更全面，深海着陆器上也可以搭载其他传感器，诸如pH传感器、甲烷传感器、二氧化碳传感器、原位光谱传感器等。

300多天里，系统携带高清影像系统，成功获取了冷泉喷口附近众多生物群落生长演化的高清影像资料。张鑫说，这些参数和影像的获得，将为解析冷泉生态系统生物群落变迁、生活史演替、种群补充机制、生物活动机制等重要基础生物学问题及其与环境之间的关系提供重要的第一手数据。

作为目前我国观测时间尺度最长的化能生态系统原位定点观测平台，该系统及数据的成功回收也将成为回答冷泉关键环境参数与上层水体水动力过程、地质活动关系等科学问题的金钥匙，提升我国深海生态系统的国际影响力。

趣图

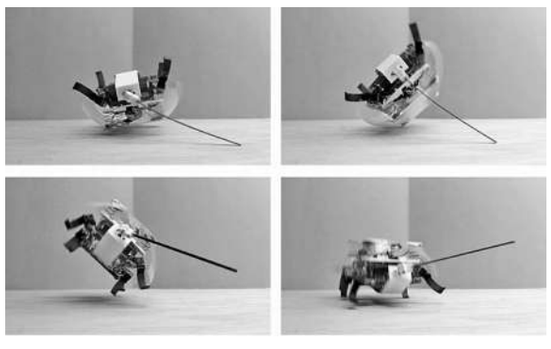
梦幻蔬菜棚 用蔬菜来演奏 一场酷炫的交响乐

你想过用蔬菜来演奏一场交响乐，顺便再来一场炫酷的灯光秀吗？

最近在日本，一个创意团队就在东京市中心做了一个特别的“电子蔬菜棚”。当你触摸这里不同种类的蔬菜，就能听到不同乐器的声音，同时配合棚内绚丽多彩的LED灯光变化，给人一种迷人的“温室效应”。

棚内种植了7种蔬菜，乐队的声音设计师把植物生长的声音记录下来，再用电脑与不同的乐器声音混合，合成了七种不同的旋律。当你用手触碰到这些蔬菜时，七种蔬菜就成了不同的乐器。其中西红柿是小提琴，胡萝卜是小号，萝卜是长笛，卷心菜是双簧管，南瓜是单簧管，红薯是钢琴，茄子是竖琴。你可以和朋友一起发挥想象力，用这七种“乐器”演奏一场交响乐。

据悉“电子蔬菜棚”是日本2017年“东京设计触摸”展览的一部分，这个活动从2007年开始举办，主推“让人们能用五感感受未来”的设计，每年都会集结国内外优秀设计师，让市民近距离体验不同的生活设计。



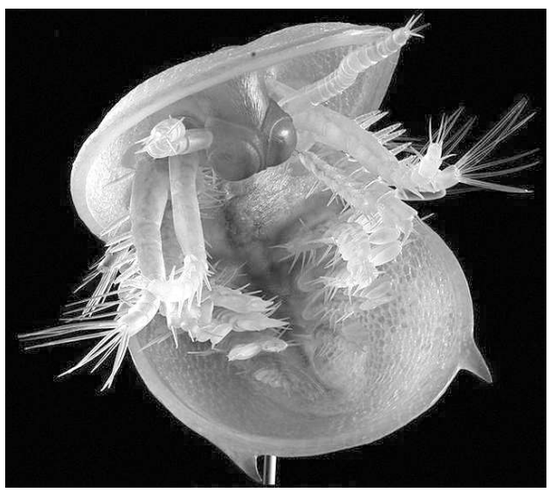
带尾巴蟑螂机器人 能轻松翻转 适应各种恶劣环境

近日，由罗恩·福瑞斯引领的加州大学伯克利分校的生物模拟系统实验室，设计出带尾巴的蟑螂机器人。实际的蟑螂是没有尾巴的，尾巴的增设意味着机器人可以轻松地翻转。

对于动态机器人来说，大多数尾巴都是比较笨重的设备，并具有一定的重量，因为它们的功能依赖于有足够的惯性来影响机器人的身体。而这款蟑螂机器人的尾巴，基本上是一根坚硬的碳纤维棒，它会旋转并推着地面，从而让机器人翻转过来。

科研人员发现，把尾巴和贝壳结合在一起，就能创造出一个非常有弹性的小腿机器人。此款机器人模仿蟑螂的外形、习性和内部构造，让机器人获得蟑螂的生活能力和运动特性。它体长10厘米，每秒可走0.3米。蟑螂机器人可以轻松地从楼梯上跳下来，随后降落在地板上。它能够在眨眼的时间（大约是0.25秒）自主地恢复和控制，然后重新再一次跳跃。

目前，蟑螂机器人能够携带重量10克的物体，比如装配一个小型便携式相机。研究人员表示，蟑螂机器人将应用于搜寻和侦察任务，还能寻找掩埋在地震废墟中的灾民。



5亿年前 古生物复原模型 细节清晰完好

据国外媒体报道，科学家和艺术家对一种5亿年前的古生物进行了复原。在复原模型中，可以看到这种古老节肢动物的丰富细节，包括软组织的形态。

这是一种三叶虫类，属于球接子目，学名为舟形球接子三叶虫，其化石发现于斯堪的纳维亚半岛。尽管这种三叶虫活体的长度大约只有1厘米，但它们的化石被极为完好地保存在页岩和石灰岩中，科学家因而得以详细了解它们的解剖学特征。

研究者之一、瑞典隆德大学的地质学教授马茨·E·埃里克森说：“化石细节的完好程度令人难以置信，这意味着我们可以掌握它们的全部解剖学特征，反过来又有助于解释它们的生态学和生活模式。”埃里克森等人的研究结果发表在近期的《地球科学综述》期刊上。

（本版图片除标注外来源于网络）