中国科学院院士潘建伟在两院院士大会上进行专题讲座——

欢迎来到量子世界

经济日报·中国经济网记者　沈　慧

热点追踪

继对撞机、引力波之后，又一个“高冷”物理名词——量子，近年来逐渐从幕后走向了台前。在科学家们眼中，这一扑朔迷离的量子究竟是何方神圣？它有哪些神奇绝技，又有何用

在近日举行的两院院士大会上，中国科学技术大学教授、中国科学院院士潘建伟带来了一场有关量子的精彩介绍。

◀ 图为“墨子号”量子科学实验卫星与阿里量子隐形传态实验平台建立天地链路(合成照片)。

▲ 与会科学家认真听取潘建伟院士发言。　本报记者　沈　慧摄

神奇的量子

量子是构成物质的最基本单元，由于具有相干叠加特性，可以产生“量子纠缠”，因而与相对论一起，带来了第二次科学革命

一旦确定了初始状态，根据力学方程，所有粒子未来的运动状态都是可以精确预言的——这是基于牛顿力学得出的结论。

“如果按照这个思路再往下思考，一切事件(比如今天的会议)都是在宇宙大爆炸时就已经确定好的吗？个人的努力还有意义吗？但人显然是有自由意志的。”潘建伟引用霍金的一句话：即使是相信一切都是上天注定的人，在过马路时也会左右看。

“所以，尽管我们对牛顿力学非常满意，但对其中蕴含着的决定论，仍持有异议。”潘建伟说。

上世纪初，归功于普朗克、爱因斯坦、玻尔、海森堡等众多杰出科学家的共同努力，又一扇科学之门徐徐打开。到底是什么改变了牛顿力学的基本观念？其中一个就是量子力学。量子是构成物质的最基本单元，是能量的最基本携带者，不可分割。所有人们所熟知的分子、原子、电子、光子等微观粒子，都是量子的一种表现形态。

根据经典物理学，一个客体的状态(用0和1表示)就像最简单的二进制开和关，只能处于开或者关中的某一个状态，即要么是0要么是1，这就好比一只猫，要么是生要么是死，不能同时“又生又死”。但这一理论并不适用于量子世界。“比如在量子世界，一个氢原子的状态，可以是激发态和基态的相干叠加，可以0和1状态同时共存。”潘建伟举例。

这种所谓的量子相干叠加正是量子世界与经典世界的根本区别，由此有了量子力学不确定原理：量子体系中一般情况下一个物理量的值并不能预先确定，而是依赖于采取何种测量基，进一步，对处于量子纠缠的两个粒子，对其中一个粒子的测量结果会瞬间确定另一个粒子的状态，不论它们相距多么遥远。这就是“量子纠缠”，爱因斯坦称这个现象为“幽灵般的超距作用”。

潘建伟打了个比方：一个代表团从北京到法兰克福去访问，如果在飞行途中睡着了，不知道是途经莫斯科还是新加坡，到北京时，他们会觉得“又冷又热”，感觉好像同时穿越了两条路线。但如果飞行途中一直睁着眼睛去看，或者有仪器测量，那么检测到的状态是飞机只会处于一条航线上，代表团抵达北京时要么感觉冷，要么感觉热。

“叠加原理认为，一个量子客体可以处于不确定的状态，也就是说在测量之前，连上帝都不知道，观测者的行为还可以影响体系的演化。这种颠覆性的认知和相对论一起，带来了第二次科学革命，进而催生了新的产业变革。”潘建伟说。

安全的通信

利用量子相干叠加原理所产生的量子保密通信，成功克服了经典加密技术的内在安全隐患，可以从根本上解决信息安全传输问题

从春秋时期的虎符到古希腊的加密棒，以及罗马帝国凯撒大帝发明的字符移动加密术，再到二战时出现的复杂密码……人类追求信息安全的脚步从未停止。

为确保被授权的用户身份不被窃取，可以用加密算法进行身份认证；为保证传输过程中信息不被窃听，可以进行传输加密；为保证传输内容不被篡改，可以用加密算法进行数字认证。某种意义上，现在的信息安全是建立在加密算法或者加密技术的基础之上。

“然而，经典加密算法依赖于计算的复杂度，如果计算能力足够强大，原则上都会被破解。人们早就怀疑‘以人类的才智无法构造人类自身不可破解的密码’，这是目前经典加密算法面临的困境。”潘建伟说。

幸运的是，量子力学的发展已经为解决这一问题做好了准备。量子叠加的“分身术”，具有一个最为直接的应用——就是广受关注的量子保密通信。

潘建伟说，科学家们可以利用单光子来传输密钥。如果有窃听者想截取单光子，测量其状态并发送，那么，单光子就会从原有状态“0+1”变成0或者1，通信中就会引入扰动并会被使用者察觉。当然，经典光通信中还有一种窃听方法——截获一部分光，让其余部分继续传送，仅对截获到的部分进行状态测量获取密钥信息。但是，由于单光子不可分割，窃听者不可能如同在经典光通信中那样，把信号分成一模一样的两半，窃听也由此失败。

“量子通信克服了经典加密技术内在的安全隐患，因为其安全性不依赖于计算复杂度，这是原理上无条件安全的一种通信方式，一旦存在窃听必然被发现。”潘建伟称。

单光子的不可分割性和量子态的不可复制性从原理上保证了信息的不可窃听，再结合“一次一密”的加密方法，就可以实现信息的不可破解，从而确保了身份认证、传输加密以及数字认证等技术手段的无条件安全。

不过，要在现实条件下实现远距离的量子通信，并非听起来那么简单。量子信号因为不能被复制，所以不能被放大，信号会随着传输距离的拉长，变得越来越弱。比如，长度为1200公里的商用光纤中，即使有每秒百亿发射率的理想单光子源和完美的探测器，也需要数百万年才能传送一个量子比特。这样的传输速率显然不适于远距离传输。

怎么办？目前国际上公认有两种可行的途径：一种是利用中继器进行分段传输，另一种是利用卫星中转进行自由空间单光子传输，实现数千公里甚至是全球化的量子通信。

2016年，随着全球第一颗量子科学实验卫星——墨子号发射成功，实现信息“绝对安全”的梦想又向前迈进了一步。“去年，千公里级量子密钥分发速率达到1kbps，比同距离光纤提高20个数量级；现在，每秒钟可以稳定分发十万个密钥甚至几十万个密钥。”潘建伟说。

可期的未来

潘建伟表示，以量子信息技术为代表的第二次量子革命，一定会带来人类社会物质文明的巨大进步

量子通信不是唯一应用。

大数据时代，人类对计算能力的需求与日俱增。然而，目前人类拥有的计算能力还相当有限。例如，集全世界计算能力的总和都无法在一年内完成对280个数据的穷举搜索。与此同时，随着晶体管的尺寸逐步接近纳米级，晶体管的电路原理将不再适用。而通过超大规模处理器集成的超级计算机由于能耗惊人，也面临着发展模式不可持续的难题。以AlphaGo为例，下一盘围棋需要消耗10吨煤产生的电量。

“利用量子相干叠加原理，可以构造具有强大并行计算和模拟能力的量子计算机。”潘建伟说，量子计算机的计算能力随可操纵的粒子数呈指数增长，一台操纵100个粒子的量子计算机，对特定问题的处理能力可达到目前全世界计算能力总和的100万倍。利用万亿次经典计算机分解三百位大数大约需要15万年，这正是目前广泛使用的RSA公钥密码体系安全性的基石——现有计算能力无法在短时间内破解密码，然而利用同样工作频率的量子计算机则只要一秒钟。由此可见，一旦量子计算机研制成功，对现有密码体系的冲击将是崩溃性的。不过，量子力学在提供了破解密码“最锋利的矛”的同时，也为我们提供了信息安全“最牢固的盾”——量子通信的安全性与计算能力无关，即使在量子计算机时代，照样可以保障信息的无条件安全。

当然，量子计算机造出来还需时日。“届时，量子计算可为人工智能、密码分析、气象预报、石油勘探、基因分析、药物设计等所需的大规模计算难题提供解决方案，并可揭示量子相变、高温超导、量子霍尔效应等复杂物理机制。”潘建伟表示。

不仅如此，利用高精度的量子信息处理技术，还可对时间、位置、重力等物理信息实现超越经典技术极限的量子精密测量，大幅度提升卫星导航、激光制导、水下定位、医学检测和引力波探测等的准确性和精度。例如，利用目前最好的传统自主导航技术，水下航行100天后，定位误差达数十公里，需要定期上浮使用卫星修正；而利用原子干涉重力仪等高精度量子自主导航系统，水下定位航行能力可大幅提升，不需卫星修正就可实现长期自主导航。

“第一次量子革命已经在20世纪对我们的社会面貌和生活方式产生了巨大影响。可以预期，以量子信息技术为代表的第二次量子革命也一定会带来人类社会物质文明的巨大进步。”潘建伟说。

朋友圈再扩大——

风云卫士破译“大气密码”

本报记者　郭静原

2018年6月5日，“风云二号”家族最后一星划破寂静夜空，奔向浩瀚宇宙：风云二号H星搭载长征三号甲运载火箭在西昌卫星发射中心成功发射。西至中非、东至大洋洲……这颗卫星将使得中国静止气象卫星全球服务范围向西扩大，不仅能够获得我国天气系统上游地区的“大气密码”，还将覆盖更多“一带一路”沿线国家和地区，为当地气象预报、防灾减灾提供支撑。

自1986年启动研制开始，到首发星——风云二号A星于1997年6月10日成功发射，再到2004年10月19日发射的风云二号C星开始进入业务卫星运行阶段，“风云二号”系列迄今已有8颗卫星进入太空，形成“多星在轨、互为备份、统筹运行、适时加密”的业务运行模式，实现了“国产卫星定量化应用最好”“定位精度达到同代气象卫星世界先进水平”“在轨定标技术达到国际先进水平”3项突破。

“团队人员研制每一颗新的风云二号卫星时，都会充分总结前一颗卫星的有效经验，用以指导新卫星研制。因此，‘风云二号’系列卫星一颗比一颗先进，性能一颗比一颗优化。”据风云二号总设计师曹亮透露，风云二号H星是风云二号所有卫星中可靠性最高、性能最稳定的卫星，相对于上一颗发射的G星，共有15项技术状态得到改进提升。

那么，这颗年纪最小的“优等生”H星肩负了怎样的使命呢？根据“风云”静止气象卫星布局方案，风云二号H星将与我国新一代静止气象卫星风云四号A星一西一东“守望”地球风云。“作为我国自行研制的第一代静止气象卫星‘风云二号’系列的收官之战，该星的主要任务就是与风云四号形成业务上的无缝衔接。”风云二号地面应用系统总指挥魏彩英说。

“由于我国天气系统大部分自西面移动而来，例如寒潮，一般以自西向东路径从中亚进入新疆，进而影响我国西北、华北乃至全国大部分地区。”中央气象台首席预报员孙军表示，风云二号H星的定点位置能更好地覆盖我国天气系统上游地区，提高我国天气预报准确率和应对气候变化的能力，减轻自然灾害造成的损失。

不仅如此，风云二号卫星的朋友圈正在进一步扩大。应世界气象组织及亚太空间合作组织要求，风云二号H星的定点位置由原定的东经86.5度更改为东经79度，将为西亚、中亚、非洲和欧洲等国家和地区提供良好的观测视角和“定制化”的高频次区域观测；并可实时获取可见光、红外云图和水汽分布图，收集并转发气象、海洋和水文等环境监测资料，严密监视不同时间和空间尺度天气系统的变化。

“根据国际灾害数据库的统计，‘一带一路’沿线国家高山、沙漠、海洋等无人区较多，气象资料缺乏，自然灾害较为严重，相对灾害损失是全球平均值的两倍以上，且以气象灾害居多。”国防科工局、国家航天局系统工程司副司长赵坚告诉经济日报记者，此举措也是为了响应世界气象组织希望中国加强印度洋区域的卫星观测，避免未来该区域出现静止轨道气象卫星监测空白的建议，对进一步提升中国航天事业和气象事业的国际地位和影响力有着重要意义。

同时，根据今年4月份中国气象局发布的“中国风云卫星国际用户防灾减灾应急保障机制”，当“一带一路”沿线国家和地区遭受台风、暴雨、强对流、森林草原火灾、沙尘暴等灾害时，可申请启动该机制。届时，风云二号H星可参与提供5分钟到6分钟一次的高频次云图及相关定量产品，为防灾减灾救灾提供及时信息。

“光的反照率、沙尘浓度、水汽含量……以及云雾、积雪的厚度都是多少，预报员得到的不仅仅是一张图片，还有从卫星云图中繁衍出的各类定量化产品。”魏彩英介绍，目前，风云二号卫星资料和产品已广泛应用于天气预报、气候预测、自然灾害和环境监测、资源开发和科学研究等领域，取得了显著应用效益。以台风监测为例，自1998年风云二号卫星投入运行以来(截止到今年4号台风)，对西太平洋及南海生成的471个台风、登陆我国的141个台风监测，无一漏网。

我国80%肝癌由乙肝导致

本报讯　记者吴佳佳报道：中国肝炎防治基金会常务副理事长兼秘书长杨希忠日前介绍，据推算，中国目前还有约2800万乙型肝炎患者需要治疗，但最终能够规范治疗的不到20%。由于目前乙肝还无法完全治愈，肝炎特别是乙肝的防控形势，仍然十分严峻。

中国是乙肝大国，约有9300万肝炎病毒携带者。近20年来，我国政府不断加强和扩大乙肝疫苗计划免疫，使乙肝病毒携带者有了大幅度下降。现在，5岁以下儿童乙肝病毒携带率在1%以下，存量患者人数仍然很多。《柳叶刀》子刊2018年的数据显示，中国慢性乙型肝炎诊断率仅为19%，抗病毒治疗率仅为11%，因此，乙型肝炎仍然是非常重要的临床医学问题，也是一个公共卫生问题。

中华医学会感染病学分会主任委员、北京大学第一医院感染疾病科暨肝病中心主任王贵强教授表示，中国80%的肝癌均由乙肝导致，控制了乙肝病情也就控制了很大一部分导致肝癌的可能。对于已经确诊乙肝的患者来说，通过合理治疗，包括抗病毒和免疫增强治疗，有效抑制病情恶化，也是控制肝癌的重要手段。

杨希忠表示，我国已经在蛋白质生物新药创制方面取得重大突破，研发出具有免疫功能的生物类药物。加强对免疫类疗法的医学投入和研究将有望解决目前乙肝治疗时间长、停药复发率高、有效率有限的问题。王贵强建议，行业专家应多多探索乙肝的临床治愈，通过核苷类素和免疫调节剂的联合、续灌、交替治疗各种组合模式，使更多病人实现临床治愈，达到表面抗原消失的终极目标。

久坐伤身有科学依据

本报讯　记者余惠敏报道：最近发表在《BMC医学》上的一项研究发现，握力较差、身体素质较差以及运动较少的人，最容易因久坐于屏幕前而增加心血管疾病患病率、肿瘤患病率和死亡率。

生活中，看电视或用电脑时久坐，都会提高死亡率、心血管疾病发病率和肿瘤发病率。来自英国格拉斯哥大学的研究者们发现，久坐对健康的损害效果，在低握力或低身体素质的参与者中是高握力、高身体素质参与者的2倍。研究者认为，增强力量、改善身体素质也许可以抵消久坐带来的负面影响。

研究者表示，“我们的研究表明，在久坐带来的健康风险面前，并非人人平等。不爱运动的人受到的影响最大。握力可以作为一个有效的衡量指标，帮助人们找到最能从减少静坐时间中获益的人群。这可能会给公共卫生指南的制定带来一些启发，针对身体素质较差、力量较小的人进行干预，减少他们静坐的时间，可能是有效的防护办法。”

据悉，这个研究中分析了391089人，数据来自一个大规模前瞻性人群研究——英国生物样本库。其中，研究中包含的数据包括全因死亡率、心血管疾病和肿瘤的发病率，以及坐在屏幕前的时间、握力、身体素质和体力活动情况。研究者也提醒，研究中的静坐时间和体力活动情况均为自我报告数据，可能会影响到最后结论中的关联强度。作为观察性研究，本文也无法得出因果性的结论。

智慧空管又添“神器”——

智能机房巡检机器人上岗

本报记者　崔国强

机房巡检是空中管理日常运营维护工作之一，通常采用人工巡检的方式，以确保生产的安全和稳定。实际操作中，人工巡检存在弊端：巡检周期长，存在漏看、错看的可能，增加巡检频次或精细度会提高人力成本；劳动强度大、工作效率低、检测质量分散等导致人工检测数据无法准确、及时接入管理信息系统……传统机房巡检方式急需新思路、新手段。打造具有我国自主知识产权的空管智能巡检机器人成为民航领域迫切需要解决的问题。

日前，智慧空管再添一款“神器”。中国民用航空华北地区空中交通管理局(以下简称华北空管局)与北京市驰宇通信导航工程公司合作，在已有技术基础上，结合空管行业的管理模式和管理方法，共同研发出了适合空管行业的智能机房巡检机器人。

记者在现场发现，这款以白色长方体为主体，头顶有两只“大眼睛”的智能机房巡检机器人，“神通广大”：可以通过自身携带的各类传感器获取巡检对象的状态信息以及环境信息，并能检测出工作人员不易发现的气味、线路发热、漏水等异常。它的“大眼睛”也就是机头可以实现360度自由旋转，同时配备了红外热成像技术，可以实现激光导航。

据悉，机房巡检机器人能够实现高频次、大范围、无遗漏的24小时高频次智能巡检，提高机房运营维护工作的稳定性和实时性。

华北空管局相关负责人表示，机房巡检机器人在民航系统的成功使用，能有效保证设备巡视质量，提高工作效率，降低运行人员工作强度，还可以解决恶劣天气下巡检边远台站难度高和危险度大的问题，大大提高了设备缺陷和故障查找的准确性和及时性，进一步提高了机房的可靠安全运行。未来，巡检机器人将在民航系统得到广泛应用。

图为智能机房巡检机器人。　本报记者　崔国强摄

本版编辑　郎　冰
联系邮箱　jjrbxzh@163.com