

“墨子号”开启星际首航

——全球首颗量子卫星揭秘

●新华社记者 吴晶晶 杨维汉 徐海涛

8月16日凌晨,被命名为“墨子号”的中国首颗量子科学实验卫星开启星际之旅。它承载着率先探索星地量子通信可能性的使命,并将首次在空中尺度验证量子理论的真理性。

在量子卫星首席科学家潘建伟院士看来,如果说地面量子通信构建了一张连接每个城市、每个信息传输点的“网”,那么量子科学实验卫星就像一杆将这张网射向太空的“标枪”。当这张纵横寰宇的量子通信“天地网”织就,海量信息将在其中来去如影,并且“无条件”安全。

信息安全的“终极武器”

量子科学,对绝大多数人来说十分高冷。但当它与信息技术相连,就与我们每个人息息相关。当今社会,信息的海量传播背后也充斥着信息泄露的风险。而量子科学则为信息安全提供了“终极武器”。

在物理王国里,量子理论是一个百岁的“幽灵”,爱因斯坦也曾被它的“诡异”所困扰。

在量子世界中,一个物体可以同时处在多个位置,一只猫可以处在“死”和“活”的叠加状态上;所有物体都具有“波粒二象性”,既是粒子也是波;两个处于“纠缠态”的粒子,即使相距遥远也具有“心电感应”,一个发生变化,另一个会瞬时发生相应改变……

正是由于量子具有这些不同于宏观物理世界的奇妙特性,才构成了量子通信安全的基石。在量子保密通信中,由于量子的不可分割、不可克隆和测不准的特性,所以一旦存在窃听就必然会被发送者察觉并规避。

“传统的信息安全都是依赖于复杂的算法,只要计算能力足够强大,再复杂的保密算法都能够被破解。量子通信能做到绝对安全,是由量子自身的特性所决定的,计算能力再强也破解不了,因此它是革命性的,可从根本上、永久性解决信息安全问题。”潘建伟说。

量子通信系统的问世,点燃了建造“绝对安全”通信系统的希望。当前,量子通信的实用化和产业化已经成为各个大国争相追逐的目标。

在量子通信的国际赛跑中,中国属于后来者。经过多年的努力,中国已经跻身于国际一流的量子信息研究行列,在城域量子通信技术方面也走在了世界前列,建设完成合肥、济南等规模化量子通信城域网,“京沪干线”大尺度光纤量子通信骨干网也即将竣工。

然而,这只是开始。“在城市范围内,通过光纤构建城域量子通信网络是最佳方案。但要实现远距离甚至全球量子通信,仅依靠光纤量子通信技术是远远不够的。”潘建伟说。

他解释说,因为量子的信息携带者光子在光纤里传播一百公里之后大约只有1%的信号可以到达最后的接收站,所以光纤量子通信达到百公里量级就很难再突破。但光子穿透整个大气层后却可以保留80%左右,再利用卫星的中转,就可以实现地面上相距数千公里甚至覆盖全球的广域量子保密通信。

另外,诞生百年的量子理论的奇妙之处在实验

室里被不断重复检验,但却从未在太空尺度验证过。量子理论的各种奇异现象在太空中是否还存在?量子纠缠和隐形传输是否可以延伸到星地之间?这些都需要卫星去验证。

2011年,中科院正式启动全球首颗“量子科学实验卫星”的研制,这既意味着中国科学家率先向星地量子通信发起挑战,更意味着中国或将领先欧美获得量子通信覆盖全球的能力。

“四种武器”挑战四大实验任务

目前,国际上还没有一个国家将量子科学实验送入空间,量子卫星的研制没有任何经验可循,过程充满了困难和挑战。

科学家在量子卫星上搭载了自主研发的“四种武器”:量子密钥通信机、量子纠缠发射机、量子纠缠源和量子试验控制与处理机。

同时,在地面建设了科学应用系统,包括1个中心——合肥量子科学实验中心;4个站——南山、德令哈、兴隆、丽江量子通信地面站;1个平台——阿里量子隐形传态实验平台。

卫星与地面站共同构成天地一体化量子科学实验系统,在两年的设计寿命期间将进行四大实验任务——星地高速量子密钥分发实验、广域量子通信网络实验、星地量子纠缠分发实验、星地量子隐形传态实验。

潘建伟介绍,实验大致分为三类:第一类是进行卫星和地面之间的量子密钥分发,实现天地之间的安全通信,如果4个地面站任何两两之间都可以实现安全的通讯,即可实现组网;第二类相当于把量子实验室搬到太空,在空中尺度检验量子理论;第三类是实现卫星和地面千公里量级的量子态隐形传输。

天地量子科学实验非常复杂,对天地实验设备的要求也异乎寻常的高。潘建伟坦言,卫星研制过程中,最困难的环节就是有效载荷,“攻克了许多技术难题才拿下”。

比如量子纠缠源,它只有机顶盒的大小,作用却非常关键,它能够产生纠缠光,这是量子卫星在空中做各种实验的源头。平时实验室里纠缠源的体积非常巨大,研究人员不仅把它做到了小型化,还通过一系列的创新让它实现了满足空间环境要求,在国际上是首次实现。

量子卫星对精准控制的要求也前所未有的高。量子卫星系统总师朱振才介绍,量子卫星飞行中,携带的两个激光器要分别瞄准两个相距上千公里的地面站,向左向右同时传输量子密钥,且卫星上的光轴和地面望远镜的光轴要始终精确对准,就好比卫星上的“针尖”对地面上的“麦芒”。

科研团队进行了各种实验,考验超远距离“移动瞄准”能力,最终突破了星地光路对准等关键技术,通过平台和载荷两级控制的方式,对准精度可以达到普通卫星的10倍。

“激光器一站对一站有人做过,但一颗卫星对准两个地面站国际上还从来没有过。如果成功的

话,在国际上也是首次实现这么高精度的跟踪和地面站配合。”中科院国家空间科学中心主任吴季说。

“量子星群”引领量子互联网时代

此刻,量子卫星已在太空轨道上翱翔。而它最初的构想,始于十多年前。

2001年,31岁的潘建伟从欧洲回国,在中科大组建了量子信息实验室。2003年,当大多数人仍致力于在实验室内部的原理性演示时,潘建伟和同事们已经萌生了“天地一体化”量子通信网的初步构想,“量子科学实验卫星”正是这个构想中的关键节点。

“工欲善其事,必先利其器”。围绕这一远景目标,潘建伟团队开始了十余年的技术积累。他带领团队在自由空间量子密钥分发、量子纠缠分发和量子隐形传态实验等方面不断取得国际领先的突破性成果。

2005年,潘建伟团队在世界上第一次实现13公里自由空间量子通信实验,证实光子穿透大气层后,其量子态能够有效保持,从而验证了星地量子通信的可行性。

随后,他们又不断创造“传奇”:16公里自由空间量子隐形传态、百公里级自由空间量子通信、星地量子通信的全方位地面验证实验……为星地量子通信打下了坚实基础。

经过十多年的发展,中国在量子通信领域已成为名副其实的世界劲旅。而这十多年间,从构想、攻关、立项到突破,人类历史上第一颗量子通信卫星终成现实。

潘建伟说,“墨子号”发射以后,如果效果达到预期,下一步还计划发射“墨子二号”“墨子三号”。“单颗低轨卫星无法覆盖全球,同时由于强烈的太阳光背景,目前的星地量子通信只能在夜间进行。要实现高效的全球化量子通信,还需要形成一个卫星网络。”

未来,一个由几十颗量子卫星组成的“璀璨星群”,将与地面量子通信干线“携手”,支撑起“天地一体”的量子通信网。

到2030年左右,中国力争率先建成全球化的广域量子保密通信网络。在此基础上,构建信息充分安全的“量子互联网”,形成完整的量子通信产业链和下一代国家主权信息安全生态系统。

“安全的通信是属于我们的,但是科学研究是面向全世界开放的。”潘建伟透露,第一个开放的项目是与奥地利科学院合作,实现北京和维也纳之间的洲际量子保密通讯,之后将和更多国家合作开展量子信息技术方面的研究。

继量子卫星之后,潘建伟团队还计划开展空间站“量子调控与光传输研究”项目,研究星间量子通信技术等,同时进行量子密钥组网应用等研究,为下一步卫星组网奠定技术基础。

“随着中国科技的迅猛发展,我相信量子通信将在10年左右时间辐射千家万户。期盼在我有生之年,能亲眼目睹以量子计算为终端、以量子通信为安全保障的量子互联网的诞生。”潘建伟说,“我相信中国科学家们能做到。”

决策速度令人惊叹。十多个实力雄厚、富有创新精神的专业技术团队迅速整合,让中国一举夺得发射全球首颗量子卫星的先机。

领跑,相当于筑巢引凤,有助于吸引合作。目前,奥地利已经与中国科研团队展开合作,德国、加拿大等国家的科研团队也申请加入,领跑的量子卫星所产生的聚合效应已经显现。保持领跑优势,还要面对更加激烈的竞争。美国发布了新的量子科研计划,欧盟、日本也在量子通信领域加紧研究。

在高科技赛场上,中国将持续发力。不久前颁布的《“十三五”国家科技创新规划》部署了量子通信量子计算、脑科学和类脑研究等超前技术,更加注重前沿性、引领性,也更加关注颠覆性技术对产业变革的深刻影响。

“墨子号”的升空,是中国科学家将人类认知的触角向未知领域延伸,必将在世界科技史上写下浓墨重彩的一笔。“日行行,不怕千万里;常常做,不怕千万事”。中国科技创新将以更大的步伐、更矫健的身姿飞奔向前。

“瞬间移动”“信息绝密”真的能实现吗？

——六个问与答带你了解神奇的量子世界

●新华社记者 荣启涵 吴晶晶 白国龙

还记得这样的场景吗？电影中,主人公走入一扇“任意门”,瞬间就穿越来到另一个空间……

在量子世界里,这或许不是幻想。就在8月16日凌晨,我国发射了全球首颗量子科学实验卫星。新华社记者采访了量子卫星首席科学家潘建伟院士、中科院物理所研究员吕力、北京大学物理系教授刘雄军,带你一起走进神奇的量子世界。

问:量子究竟是什么？

答:量子是构成物质的基本单元,是能量的最基本携带者,不可再分割。比如,光子是光能量的最小单元,不存在“半个光子”,同理,也不存在“半个氢原子”“半个水分子”等等。量子世界中有两个基本原理:

——量子叠加,就是指一个量子系统可以处在不同量子态的叠加态上。著名的“薛定谔的猫”理论曾经形象地表述为“一只猫可以同时既是活的又是死的”。

——量子纠缠,类似孙悟空和他的分身,二者无论距离多远都“心有灵犀”。当两个微观粒子处于纠缠态,不论分离多远,对其中一个粒子的量子态做任何改变,另一个会立刻感受到,并做相应改变。

问:世界上真有“绝对安全”的通信吗？

答:这得先说说通信中信息是如何被窃取的。传统光通信是通过光的强弱变化传输信息。从中分出一丁点光并不影响其他光继续传输信息,测量这一丁点光原理上就能窃取信息。

量子通信则完全不同！窃听者如果想拦截量子信

号,并对其进行测量,将不可避免地破坏携带密钥信息

的量子态。根据量子“测不准定理”,这种破坏必然会被

信息发送者和接收者所发现。

是否可以不破坏传输的量子态,只截取并复制,再继续发送？这已被“量子不可克隆定理”完全排除,于是也就保证了量子通信的绝对安全。

问:“量子态隐形传输”意味着能实现《星际迷航》里的瞬间移动吗？

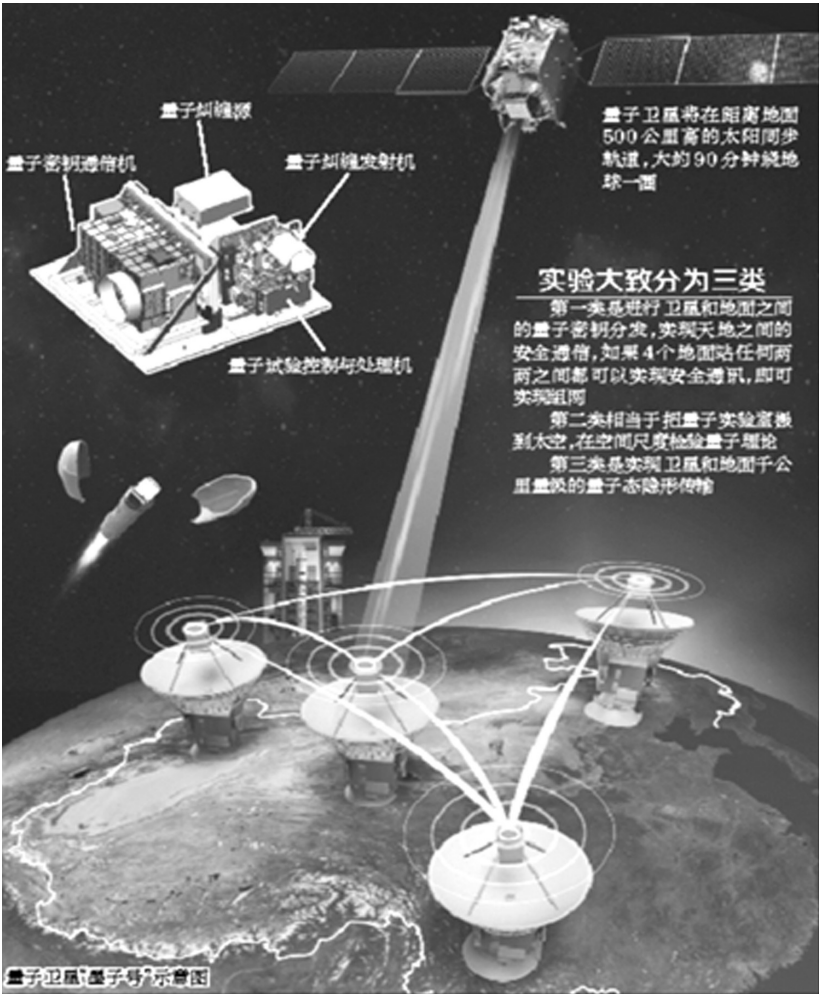
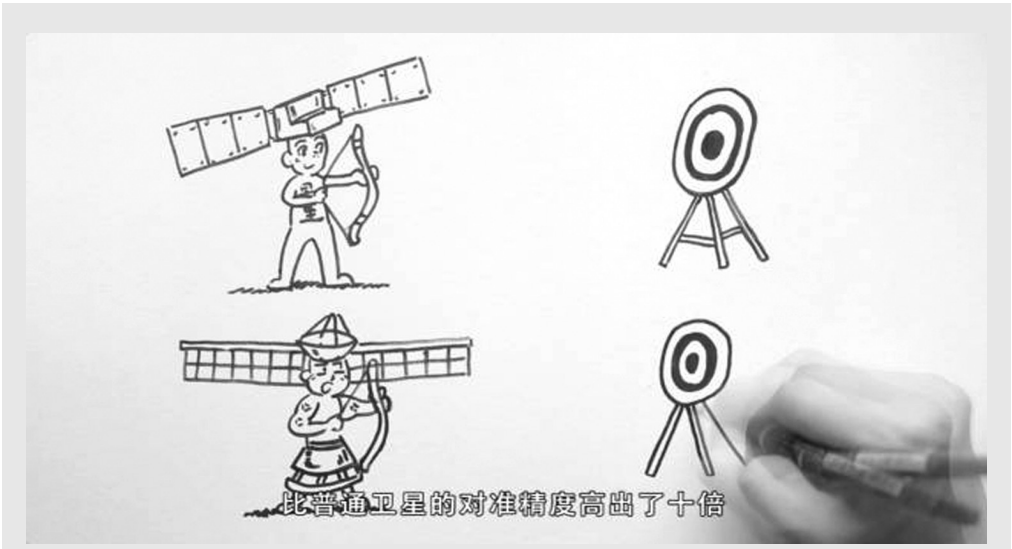
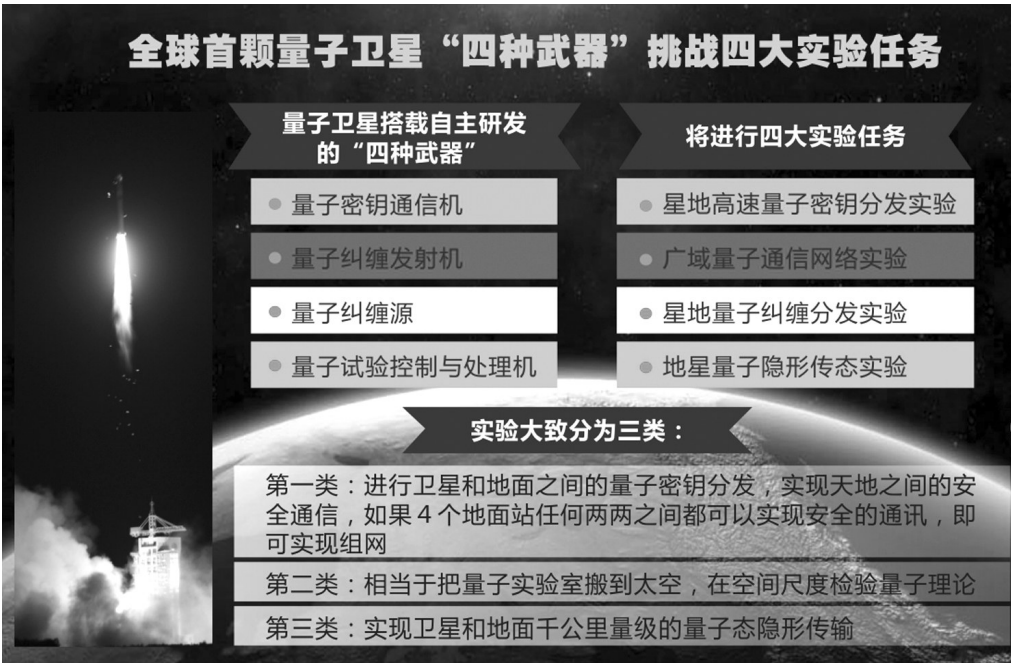
答:“量子态隐形传输”是基于量子叠加和量子纠缠的特性,就是甲地某一粒子的未知量子态,可以在乙地的另一粒子上还原出来。其实传输的是粒子的量子态,而不是粒子本身。这种状态传送的速度上限仍然是光速,也不是“瞬间移动”。

现在,在光子、原子等层面已经实现了量子态隐形传输。电影里“大变活人”在原理上是允许的,但目前还远远做不到。因为科幻电影里人的传送,不仅需要把人的实体部分的大量原子、分子传送,并且严格按照原来的相对位置重新排列起来,更何况重现意识和记忆就更复杂了。

不过,随着科学的发展和技术的进步,也许未来我们还是可以实现人的量子隐形传态,到那时星际旅行就不是梦啦。

问:将来机器会不会像《变形金刚》里一样被装上量子大脑,从而取代人类？

答:所谓量子大脑,其实就是当今正在研制中的量子计算机。未来的量子计算机可能会对人工智能起到极大的帮助,在数据搜索、分析和处理方面提供远远超过目前



经典计算机的运算能力。机器人都是预先设置好程序的,而人是有意志和自由意志的。研究发现,人脑中的思维机制与量子叠加、量子纠缠或许存在相似之处。所以也有学者认为,未来可望创造出与人脑一样运行的人工智能机器人。真到这种程度,机器与生物之间的界限已经非常模糊。这目前还只是一种畅想,未来究竟怎样还得拭目以待。

问:量子技术什么时候才能“飞入寻常百姓家”？
答:量子通信目前已经实现在金融、政务系统等中的使用。要让每个人都用上,乐观的话需要10到15年。这需要对网络基础设施进行改造,还涉及到标准制定。到时候,个人的网上银行、手机支付、信用卡等就再也不怕被盗号、“棱镜门”那样的泄密事件也不会发生了。

而量子计算目前仍然处于基础研究的阶段,前进道路上还面临着巨大的挑战,不知道在二、三十年的时间内能否实现初步应用。一旦取得进展,其意义将是极其重大的。

问:量子科学和技术究竟将带来一个怎样的未来？

答:量子科学和技术其实已经在方方面面影响着我们的日常生活。我们目前正在广为使用的计算机、手机、互联网、时间标准和导航,包括医院里的磁共振成像等等,无一不得益于量子科学和技术。

用发展的眼光看,随着微纳加工、超冷原子量子调控等技术的不断进步,人类将能够制备出越来越复杂、功能越来越强大的各种人造量子系统,例如包括量子计算机芯片在内的各种量子电路,其功能和信息处理能力将远远超过我们目前正在使用的经典芯片,并且更加节能;再如可望制备出达到量子极限的能量收集和转换器件,将引发能源变革;也有望大幅提升对时间、位置、重力等物理量超高精度的测量,不仅实现超高精度的潜艇定位、医学检测等,也将加深对物理学基本原理的认识。

总之,量子科学和技术的广泛应用最终将把人类社会带入到量子时代,实现更高的工作效率、更安全的数据通信,以及更方便和更绿色的生活方式。