

## 量子互联网所需的关键设备

(中国科学院理化技术研究所 戴 闻 编译自 Erika K. Carlson. *Physics*, June 30, 2020)

量子信息科学的进步带来了量子互联网的可能性——通过处于叠加态的光子(被称为量子比特)传输信息；而不像今天的网络，靠纯粹的数字0和1从一个地方到另一个地方穿梭。

在过去的十年，世界各地的研究人员已经朝着建立量子网络迈出了一大步。尽管许多集团已经开始测试几十英里范围的小型网络，但主要的障碍是在更大尺度量子网络的方面，包括开发关键硬件的障碍。

量子网络的吸引力不仅在于眼下的实际应用，而且涉及基础科学研究的潜在进展。最清晰的应用场景之一是：在不受窃听者威胁的情况下发送安全消息的能力。由于信息是用状态的叠加编码的，任何对消息的拦截都会使量子比特波函数坍塌，导致收发方得知消息被窃取。

量子比特还可以比经典比特编码更多的信息，因此量子网络可能

会更有效地携带更高密度的信息。有专家说这是连接信息的一种基础性全新方式。量子网络可以推动各方面发展，包括遥感技术和望远镜，以及科学家目前尚未意识到的应用。量子互联网可能是“与传统互联网同等水平的另一场革命”。

然而，使量子网络有用的相同特性也提出了重大挑战。地面网络，无论是经典的还是量子的，通常使用光纤以光子的形式，从一个地方传输信息到另一个地方。当光子经过网络时，因为光纤中的杂质，一些光子会随着时间的推移而丢失，削弱了信号。在经典网络中，被称为“中继器”的设备间歇性地检测信号，放大信号，并再次发送信号。但对于处于叠加态的光子(或量子比特)，在不干扰信号的情况下读取信号是不可能的。

研究人员说，远距离量子通信的关键是：要弄清楚如何构建一个与现有经典中继器等效的“量子中继器”。如果没有量子中继器，量子比特通常只能经光纤传送几英里(或至多100英里)——这对于大范围网络来说，距离太短了。

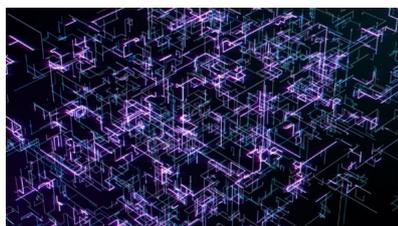
但是量子中继器比经典中继器要复杂得多，而且还没有人做出过功能正常的中继器。中国科技大学的潘建伟说：“我认为，这还需要一段时间，才能成为一种实用的技术。”在中国，即使没有量子中继器，潘建伟和其他研究人员已经在量子网络方面取得了进展。一个例子是

为连接北京和上海而构建的1200英里光纤网络，但是由于它没有量子中继器，这个网络并不是从头到尾完全量子加密的，路线上有几个节点，信息被解密，然后再加密。这些节点安排是一个“临时解决方案”，而研究人员正在开发量子中继器。

另一种不使用量子中继器的临时方法是使用卫星。6月早些时候，潘建伟和中国的其他研究人员宣布，他们能够使用卫星在相距700英里的两个地面站之间传输量子密钥。

在美国，研究人员正在芝加哥、波士顿和纽约附近建立和测试小型量子网络。其中之一是连接石溪大学和布鲁克海文国家实验室的光纤网络。Figueroa团队已经在此领域工作了几年。事实上，在校园间网络建立之前，Figueroa和他的同事们就着手开发量子通信的硬件。Figueroa说，这一领域的研究人员早已经知道，量子中继器是长距离量子网络所必需的，但真正解决这个问题的技术直到最近才出现。现在我们已经到了可以建造第一个原型机的阶段。我们的目标是，在几年内，尝试在这个领域真正展示一个量子中继器。

Figueroa说，在研究人员评估一个全国性的量子互联网是否可行之前，还有许多问题需要解决——比如他们是否能够设计出在实验室外工作得足够好的量子中继器，以及是否能够生产出足够大量的必要硬件。



世界各地的研究人员已经朝着建立量子网络迈出了一大步。量子中继器对于量子通信领域的意义，正如同量子计算机本身对于量子计算领域一样重要。一个叫做量子存储缓冲器的装置，是量子中继器所需要的诸多部件之一，藏于此图中