

很多人觉得量子科技晦涩难懂、自带“科幻滤镜”，甚至将其与玄学画上等号。事实上，量子科技是基于量子力学原理发展而来的新一代颠覆性信息技术，已成为全球科技竞争的核心赛道。量子究竟是什么？它的哪些特性能为我们所用？国家级人才、国家重点研发计划首席科学家、北京航空航天大学教授周苗为我们解锁量子科技这些事儿。

# 量子不神秘： 零基础带你解锁微观高科技



“九章四号”量子计算原型机局部。  
新华社记者周牧摄

## 量子到底是什么？

我们日常所处的宏观世界具有“连续变化”的特征，比如水温的升降、身高的增长、距离的远近，都能平滑增减，不存在固定的最小单位。但微观世界的能量与物质变化却是不连续的、跳跃式的，量子正是微观物理量中不可再分割的最小基本单元。简单来说，光的最小单元是光子，而能量的最小单位就是量子。

经典物理规则适用于我们看得见、摸得着的宏观世界，而量子力学，则是解释原子、光子、电子等微观粒子运行规律的核心理论，也是量子计算、量子通信、量子精密测量等所有量子技术的根基。

## 量子有三大核心特性

首先是量子叠加，即同时存在“双重状态”。宏观世界里，事物的状态具有唯一性：灯非开即关，开关状态非0即1。但量子可以同时处于多种状态的叠加，也就是说，它在被观测前可以同时具有0和1的可能性。这正是量子计算的核心优势所在——传统计算机1个比特只能处于1种状态，而1个量子比特可同时处于多种状态；量子计算正是利用这种叠加特性，使由N个量子比特组成的系统能够同时表征 $2^N$ 的N次方个基态的组合状态，算力呈指数级增长，这是经典计算机永远无法突破的性能上限。

其次是量子纠缠，即隔空联动的“微观默契”。两个相互纠缠的量子，无论被分隔多远，哪怕相距数千公里乃至上万公里，只要其中一个量子的状态发生改变，另一个会瞬间同步变化，不受距离和速度限制。爱因斯坦将其称为“幽灵般的超距作用”。这一特性彻底颠覆了传统信息传输的逻辑，正是量子通信实现超远距离传输与高效联动的核心基础。

第三是量子不可克隆，这是天生的“安全护盾”。量子世界有一条铁律：未知的量子态无法被精准复制。更关键的是，任何窃听或探测行为都会扰动量子态，导致传输信号发生改变。简单来说，量子通信不存在“偷偷窃听”的可能，只要有人试图窃取信息，通信双方就能立刻察觉，这正是传统加密技术无法比拟的优势。

## 量子应用有三大核心赛道

很多人都听说过“量子”，却未必清楚量子技术究竟能解决哪些问题。当前，量子科技的落地应用主要聚焦三大核心赛道：量子计算、量子通信与量子精密测量。这三项技术恰好对应人类亟待突破的三大难题——实现更快的运算速度、更安全的信息传输、以及更精准的测量能力。

普通电脑和手机就像单线解题的学生，一次只能处理一个问题，面对复杂海量的数据，它们只能排队逐一计算，遇到超级难题就要耗费难以想象的漫长时间。而量子计算机依托量子叠加与纠缠特性，可以在特定问题上实现计算加速。无论是新药分子模拟、极端天气预测、新材料研发，还是特定密码分析，它都为经典超算难以高效处理的问题提供新的解决思路。

作为我国自主研发的光量子计算原型机，“九章四号”可精准操纵3050个光子，在执行高斯玻色取样任务中，生成一个样本仅需25微秒，而使用目前世界上最强大的超级计算机和最好的经典算法，需要超过 $10^{42}$ 年的时间——经典超算要亿亿亿亿亿年完成，量子优势比达到 $10^{54}$ 次方量级；不同于光量子路线，祖冲之系列专注于超导量子领域。最新迭代的祖冲之3.2号搭载107比特超导量子处理器，单、双比特门保真度（衡量量子运算精准度的指标，数值越高，运算出错率越低、稳定性越强）均达到全球领先水准，持续刷新我国超导量子计算的性能纪录。

## 量子通信自带防窃听妙招

我们日常使用的手机通信、网络传输，均依赖代码加密。再复杂的密码，只要算力足够、技术到位，就存在被破解、窃听的风险。量子通信则实现了物理层面的绝对安全，其核心依托量子纠缠与量子不可克隆特性。量子信号就像一架平衡很脆弱的精密天平，一旦有人试图探测、窃听或复制信号，哪怕是极其微弱的干扰，都会瞬间打破这种平衡，改变量子的原有状态。此时通信双方能第一时间察觉异常，从根源上杜绝信息泄露与篡改的风险。

我国研制的全球首颗量子科学实验卫星“墨子号”，突破了地面光纤传输距离的限制，率先实现千公里级星地量子密钥分发与量子隐形传态，真正打通了量子通信天地互通的全新链路。而作为全球首条2000公里级广域量子保密通信骨干网络，“京沪干线”串联北京、上海等二十余座城市，已稳定投入商用，为涉密传输、金融交易、电力调度等关键领域，筑牢了物理级安全的信息屏障。

传统测量设备如同普通卷尺、体温计，精度有限，难以捕捉细微变化。而量子作为高度敏感的微观单元，外界哪怕一丝温度、重力或磁场的微小变化，都会引发量子态的改变。基于这一特性研发的量子传感器与测量设备，堪称精度拉满的“微观超级尺子”，其测量精度较传统设备提升数百甚至数千倍，能捕捉到以往人类仪器完全无法感知的细微变化。

我国国产量子陀螺仪精度领先，无需依托GPS卫星信号即可实现长时间、高精度自主导航；国产量子重力设备能精准捕捉地下重力的细微差异，无需钻探深控就能“透视”地下结构；国产量子精密传感医疗设备可捕捉人体早期病变的微观信号，比传统体检手段更早、更精准地筛查潜在病变与疑难病症。

量子科技并非噱头或玄学，而是一套拥有严谨科学理论支撑、经得起实验验证的颠覆性硬核技术。当前，全球量子科技整体处于从实验室研发向产业化落地过渡的阶段，尚未全面普及民用，但核心技术突破与场景落地正加速推进。未来，量子科技将逐步走进大众生活，彻底改变算力、通信、探测、医疗等诸多领域。

新华社记者 林雨南 郭晓婷