

从“跟跑”到“领跑”，中国量子科技崛起

2025年4月14日,是第五个世界量子日。而2025年,又被联合国教科文组织定为“国际量子科学与技术年”,以纪念量子力学最初发展100周年。百年来,量子力学凝聚人类智慧,从理论奠基到应用普及,悄然改变了我们的生活。在量子力学第一个百年交汇之际,中国量子领域的科学家们正扛起大旗,不断刷新科研成果,一次次站上前沿世界舞台。中国科技在量子领域逐步实现从缺位到追赶再到引领的历史性跨越,成为全球量子科技发展的重要推动力量。下个世纪,中国量子科学会成为绝对主角吗?让我们在量子百年的动人故事中寻找历史的回答。

1925年前后,维尔纳·海森堡提出以矩阵力学描述量子世界,埃尔温·薛定谔推导出波动方程,创立波动力学,两种看似矛盾的体系最终殊途同归,共同奠定了量子物理的发展基石,堪称量子力学的“奇迹之年”。若以维尔纳·海森堡提出“新量子论”为起点,量子力学至今已诞生100周年。

量子力学中最基础的常数——普朗克常数,四舍五入后为 4.14×10^{-15} 电子伏特·秒。作为能量与时间乘积的普适常数,普朗克常数被视为连接微观与宏观世界的桥梁。2021年起,来自65个以上国家的量子科学家共同发起,把4月14日被定义为“世界量子日”。量子理论不仅彻底改变了人类对微观世界的认知,催生了半导体、激光、核能等20世纪最重要的技术,还正在引领计算、通信、传感等领域的突破,深刻融入社会生活,持续塑造未来。

量子理论发展:从诞生到石破天惊

1900年的柏林,马克斯·普朗克在书房里焦灼地踱步。为了解释黑体辐射的实验数据,他被迫提出一个假设——能量必须像硬币一样,以最小单位“量子”进行交换。这个被他称为“绝望之举”的猜想,如同点燃黑暗的火种,点亮了人类认知的量子纪元。

19世纪末的物理学界洋溢着乐观情绪。牛顿力学统治宏观世界,热力学掌控能量转换。然而就在1900年,威廉·汤姆森(开尔文勋爵)在题为“19世纪

热和光的动力学理论上空的乌云”的演讲中提到:“动力学理论断言热和光都是运动的方式,现在这一理论的优美性和明晰性被两朵乌云遮蔽。”这两朵“乌云”便是黑体辐射的紫外灾难和迈克尔逊-莫雷实验的结果,他们最终催生了20世纪物理学的两大革命——量子力学和相对论。

马克斯·普朗克用“量子化”假设驱散了第一朵乌云,但真正掀起革命的,是更年轻的一代人。1905年,25岁的“明日之星”阿尔伯特·爱因斯坦提出“光量

子”,用粒子性解释光电效应;1913年,“物理学巨匠”尼尔斯·玻尔将量子概念引入原子模型,描绘电子在轨道间跃迁的图景。

然而,当多电子原子让玻尔模型失效时,量子力学迎来了真正的爆发——1925年,“物理天才”维尔纳·海森堡抛弃电子轨道概念,用矩阵数学描述量子世界;“未来网红”埃尔温·薛定谔则用波动方程展现电子的概率云形态。两种看似矛盾的体系最终殊途同归,量子力学的理论大厦正式成型。

量子科技应用:藏在生活里的量子精灵

量子理论看似神秘莫测,但离我们的生活却并不遥远。

当你用手机拍照时,镜头后的CMOS传感器正上演“爱因斯坦的光电效应”:光子如雨滴撞击硅片,激发出电子形成图像。这项百年前获诺奖的研究,如今定格着无数世界的决定性瞬间,记录着人们的点滴回忆。

当你用导航寻找咖啡店时,头顶的北斗卫星正以“原子钟校准时间”,发出原子超精细能级跃迁的频率,比机械钟表稳定百

万倍。正是这些量子舞者,让定位精度达到了厘米级。

甚至手机屏幕的每一颗LED像素,都依赖半导体中电子的量子跃迁发光;电脑芯片的数十亿晶体管,则利用量子隧穿效应让电子“穿墙”工作。

当下如火如荼的辅助驾驶、智能驾驶,乃至智能家居设备、视频监控设备等无限可能的数字终端,面临着安全联网、隐私保护的考验,而这更离不开数据通信的安全。量子加密通信在原理上具有不可破解性,被认为

是最有望实现数据传输“万无一失”的技术,可以在未来把可以预见的数据爆炸所带来的潘多拉关进魔盒中。

对于大众而言,量子云端互联技术似乎听起来很遥远,但它却有着前所未有的普惠性,能让普通企业乃至普通人无需拥有量子计算机,也能体验量子计算的优越性。云平台的开放,对中小企业开发人工智能、生物医药、新材料等需要强大算力需求的产业,提供更快、更广阔的技术便利与发展前景。



工作人员在量子芯片生产线操作

图源《人民日报》

量子新纪元:战略布局,快速突破

在建设科技强国的战略背景下,国家高度重视量子科技的发展,超前布局量子信息等产业,把量子提到未来产业的战略高度,为引领量子基础研究,为推动产业化进程,从政策到执行,不断助推中国量子科技发展。

在上一心下的共同努力下,中国在这场“第二次量子革命”的浪潮中,逐渐从学习者转变为规则制定者,据不完全统计达成了一系列包括但不限于下面所列举的突破性成就。

2008年,中国首个3节点全通型量子保密电话网络试验成功。

2012年,中国成功实现97公里自由空间量子态隐形传输,刷新了当时的世界纪录,为后续的星地量子通信奠定了技术基础。

2016年8月,中国成功发射全球首颗量子科学实验卫星“墨子号”,率先实现了星地量子密钥分发,标志着星地量子通信技术的首次突破。

2016年底,世界首条大尺度光纤量子保密通信骨干网“京沪干线”建成并贯通,结合“墨子号”的星地链路,中国率先构建了天地一体化的广域量子通信网络雏形,成为国际量子信息研究领域的重要标志性进展。

2020年12月,76个光子的量子计算原型机“九章一号”宣布构建成功,仅用200秒完成了超级计算机“富岳”需约6亿年才能完成的计算任务,标志着我国在光量子计算领域取得了重大突破。

2021年5月,中国科学院潘建伟、朱晓波、彭承志等组成的研究团队研制发布62比特

超导量子处理器“祖冲之号”,并在二维量子行走问题上展示量子计算潜力,证明了量子计算的巨大优越性。

2023年10月,255个光子的量子计算原型机“九章三号”构建成功,在求解特定问题上,比超算快一百万倍,刷新了量子计算优越性的世界纪录。

2023年11月,中国电信正式发布“天衍”量子计算云平台,标志着中国成为全球首个具备“量子优越性”能力的超量融合云平台的国家。

2025年3月,中国又率先实现量子微纳卫星与小型地面站的实时星地密钥分发,完成万公里级量子通信,进一步推动了量子通信系统的小型化与实用化。

2025年3月,105比特超导量子计算机“祖冲之三号”构建成功,再次打破超导体系量子计算优越性世界纪录。

据最新统计,中国量子通信、量子计算专利数量全球领先。这种系统性的发展模式,一步步推动中国在量子计算、量子通信、量子测量等关键领域快速突破,逐步实现从“跟跑”到“并跑”乃至“领跑”的跨越。

值此量子百年与世界量子日世纪交汇之际,让我们共同向为世界量子理论、量子科技作出卓越贡献的全球科学家们致敬;也向所有为中国量子科技发展作出贡献的来自产学研企政等千行百业的推动者们致敬;更要向我们这一代中国量子科技的奋斗者们致敬,致敬他们接好了中国科学家们的这一棒,在中国量子领域的“无人区”接力创造、探索前进。

【链接】

量子计算机怎么做计算?

经典计算机用二进制(0和1)进行计算,就像马车只能一步一步往前走。量子计算机则利用量子的叠加态和纠缠态,能同时处理多个计算任务,如汽车一般能加速、转弯甚至漂移。

科学家利用量子的特性,设计出了复杂的算法和量子电路,就像给量子设定了一个舞台和剧本让它们按照规则进行表演,从而得出精确的计算结果。当然,这背后的数学和物理原理非常深奥,可以简单理解为:量子虽然“模糊”,但通过科学家的巧妙设计,能做出十分精确的计算。

量子体积越大,量子计算机就越厉害吗?

量子体积是衡量量子计算机性能的一个重要指标,就像是量子计算机的“肌肉块头”。量子体积越大,量子计算机可能解决的实际复杂问题就越多,如化学模拟、财务风险建模、供应链优化等。但不能只看量子比特数量,还得考虑设备连接、相干时间、测量误差等因素。