

## 中国科学院院士、中国科学技术大学教授郭光灿—— 四十余载追寻量子之光

## 编者按

郭光灿,1942年生,福建泉州人,中学就读于泉州五中,为中国科学院院士、中国科学技术大学教授,是中国量子光学和量子信息科学的开拓者之一。他长期从事量子光学与量子信息的教学和科研工作,率先将量子光学理论体系引入国内,推动我国量子信息科学发展。曾获国家自然科学奖二等奖、何梁何利基金科学与技术进步奖等荣誉。

10月14日,《人民日报》版发文,聚焦郭光灿院士在量子光学与量子信息领域的奠基性贡献,以及他带领团队推动量子计算产业化的不懈追求。本报全文转载,与读者共同探寻量子科学前沿奥秘,领略泉籍科学家的风采与家国情怀。



中国科学院院士郭光灿(左二,《人民日报》记者徐靖 摄)

早上7点半,中国科学技术大学校园内,中国科学院院士郭光灿匆匆地走向中国科学院量子信息重点实验室。这栋不起眼的小楼里,汇聚了量子密码与量子器件、半导体量子芯片、量子纠缠网络等多个领域的研究小组,量子避错编码原理、量子概率克隆原理等一系列成果均诞生于此。

从20世纪80年代将量子光学理论体系引入国内,到90年代率先在国内开展量子信息科学的研究,再到后来致力于打造我国自主可用的量子计算机,郭光灿在量子领域已经深耕了40余年。

### “一定要把我们的量子光学研究做起来”

量子光学是研究光场量子特性及其与物质相互作用的前沿学科,它揭示了光不仅具有波动性,更由离散的光子构成。研究探索光的量子态(如相干态、压缩态)、量子纠缠等非经典现象,可以推动量子通信、量子计算和超精密测量等技术的突破性发展。

20世纪80年代初,量子光学研究在国际上已经发展了20多年,但在中国还是空白。1981年,39岁的郭光灿作为改革开放后首批公派学者赴加拿大学习,其间接触到量子光学的前沿研究,他暗下决心:“一定要把我们的量子光学研究做起来。”

郭光灿出生于福建的一个渔民家庭,尽管家境贫寒,但母亲坚持送3个孩子读书,郭光灿1960年考入中国科学技术大学无线电系。“因为当时想学半导体,就报考了中国科大的无线电系。后来才知道,半导体专业设在物理系,不在无线电系。”郭光灿说,“但也正因为这个机会,我赶上了中国

科大无线电系设立气体激光新专业。我对这个方向很感兴趣,从此与光学结缘。”

留学归国后,1984年,在中国科大的支持下,郭光灿在安徽滁州琅琊山主持举办了全国第一个量子光学学术会议。郭光灿说:“虽然大家对很多概念还搞不懂,但形成了一个共识,这个会应当坚持开下去。”

之后的40年里,量子光学学术会议每两年举办一次,从未间断。“1984年第一届时,只有几十人参会,到2024年第二十一届时,参会人数超过800人,量子光学领域受到更多人的关注。”郭光灿说。

随着关注度不断提高,如何能够更好地培养量子光学研究人才,成为郭光灿思考的重要课题。郭光灿在国内开设了第一门量子光学课程,课程讲义也于1991年结集出版。很多研究人员正是通过他的课程和讲义了解了量子光学领域,逐渐成长为量子研究的中坚力量。



郭光灿量子科普展览馆(本报资料库/图)

## 延伸阅读

### 研制一台量子计算机 需要攻克哪些技术难题

量子计算机的研发是一项复杂任务,以超导量子计算机为例,其主要包含量子芯片、量子计算测控系统、极低温环境支撑系统和量子计算机操作系统、应用软件等方面。

量子芯片作为量子计算机的心脏,负责执行关键的运算加速过程,而这一过程需要将问题转化为量子算法,并通过特殊的调制脉冲信号输入量子芯片,最终采集并分析量子芯片输出的信号以获得问题的解答。量子芯片的高效运行需要一个完善的硬件系统

来支持,包括量子芯片封装技术、量子芯片测试平台,以及量子测控系统、相关元器件等。其中,量子芯片测试平台由极低温稀释制冷机及配套设施构成,为量子芯片提供极低温环境、红外辐射噪声屏蔽、磁场噪声屏蔽和极低的机械振动等高度隔离的运行条件,同时还需高效率的导热组件及时带走量子芯片运行时产生的热量。量子计算测控系统负责量子芯片所需的一切信号的生成、采集、控制与处理,如同一位“翻译官”,将

人类的复杂问题转化为量子芯片能够理解的“语言”,并引导量子芯片进行高效计算。同时,量子计算机还需要一套完整的软件系统来支持其运行,包括量子计算机操作系统、量子语言编译器、量子应用软件以及量子计算机集成开发环境等。这些软件系统的开发不仅为用户提供量子程序的编程和操作界面,还需要对接硬件,将程序转换为硬件所需的指令信号,确保量子计算机能够高效、准确地执行各种计算任务。

去年,郭光灿院士团队在量子网络领域取得重要进展:首次在城市距离7公里的两个量子节点实现分布式光量子计算的演示。该研究成果去年发表在国际期刊《自然·通讯》上。据悉,从实验室走到室外,此举为全球首次。

郭光灿院士表示,此次演示展示了基于量子存储和通信光缆构建分布式量子计算网络的可行性,为规模化量子计算的实现提供了新思路,“此次室外实验朝着量子计算实际应用的方向迈进了一步”。图为在合肥市跨7公里的非局域量子门示意图。

(研究团队供图)

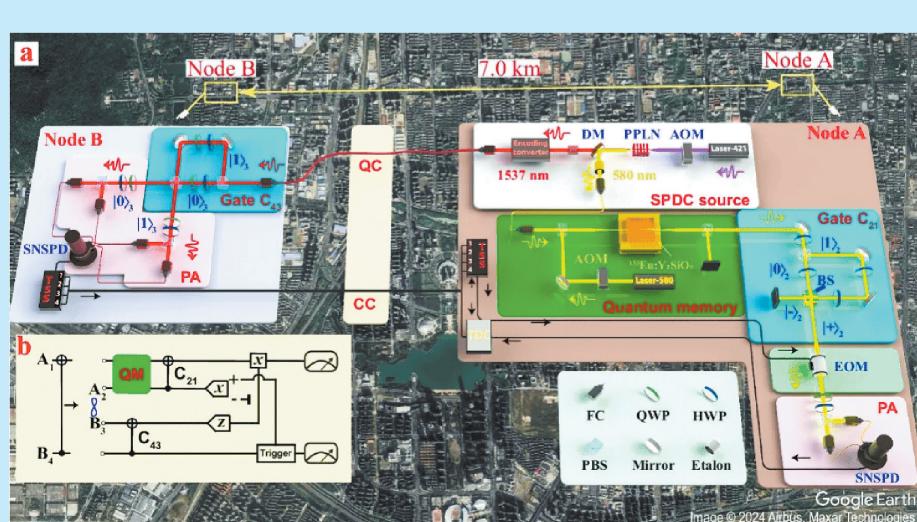


Image © 2024 Airbus, Maxar Technologies



去年5月20日,泉籍院士郭光灿回到泉州,作题为《量子信息技术发展状况》的主题演讲,带领到场的科创平台工作者、企业代表、高校师生等走进“量子世界”。该演讲是2024年第二届“泉州人才节”系列活动之一。(本报资料库/图 陈起拓/摄)



### “我们今天的成绩,与国家20多年前的支持密不可分”

在量子光学研究进度落后国际先进水平20年的情况下,郭光灿一直考虑寻找更有突破可能的研究方向。20世纪90年代初,他在阅读文献时看到一个名词叫“量子信息”,这是国际学术界提出不久的研究方向,但他敏锐地意识到这是个非常有价值的研究领域。

量子信息是一门基于量子力学原理,如叠加与纠缠等,来处理和传输信息的新兴交叉学科。其核心是以量子比特作为信息单元,旨在突破经典信息技术的极限,主要涵盖量子计算、量子通信和量子精密测量三大方向。

量子信息的基础理论恰恰就是郭光灿此前研究的量子光学基础理论,其创新之处在于将量子理论系统地引入信息领域,从而为计算机、密码学等经典概念赋予全新的量子诠释。将信息量子化后,显示出来的性能就会比经典信息要好很多,有巨大的潜在应用前景,并将赋予量子光学以崭新的生命力。

郭光灿向一些科研机构提出建议,开展量子信息相关研究,却没有受到重视。甚至有人提出,“传统的经典信息尚未研究清楚,还搞什么量子信息?”“是不是伪科学?”

面对种种误解和挫折,郭光灿并

不气馁。他意识到,要改变这个局面,必须从普及量子信息的概念入手,为此,他连续在业内知名学术期刊上发表文章,引起了国内一些学者的兴趣。

1998年,在由科学技术部(原国家科委)发起的香山科学会议上,郭光灿提出的“量子通信与量子计算”成为主题之一。会议主席、“两弹一星功勋奖章”获得者王大珩在会上说:“量子科学太重要了,必须要有中国人的声音。”

1999年,在中国科学院的支持下,郭光灿在中国科大成立了量子通信与量子计算开放实验室,此后升级为中国科学院量子信息重点实验室,成为我国量子信息领域第一个省部级重点实验室。

2001年,郭光灿申请到量子信息领域的第一个“973项目”。随后,他组建了一支由50多名研究人员组成的团队,这些成员来自国内10多个研究所和大学,覆盖量子密码、量子计算、量子通信、量子网络等众多领域。5年内,他们不仅形成了一批研究成果,更培养了一支具有开拓创新能力的科研队伍。

“这是我国量子信息实现由‘从0到1’到‘从1到100’发展的一个转折点。我们今天的成绩,与国家20多年前的支持密不可分。”郭光灿说。

### “量子计算机研究不是一代人能完成的事情,要让年轻人尽早入手”

2011年,郭光灿团队承担了科技部“固态量子芯片”项目,负责研发我国自己的量子芯片。虽然当时大家希望由郭光灿担任首席科学家,但他坚持由当时还不满35岁的中国科大教授郭国平担任。

量子芯片相当于未来量子计算机的“大脑”,其重要性不言而喻。“量子计算机研究不是一代人能完成的事情,要让年轻人尽早入手,可以干得更快、做得更好。”郭光灿说。

郭国平没有辜负期待,他带领团队于2013年成功在“一个电子”上实现10皮秒级量子逻辑门运算,将原世界纪录提高近百倍,在推动量子计算走向应用上迈出重要一步。

2017年,郭光灿和郭国平带领中国科学院量子信息重点实验室团队,联合创立了中国第一家量子计算公司——本源量子计算科技(合肥)股份有限公司。目标是研发出一台可供用户交互使用的工程化量子

计算机,使得我国拥有自主可控的量子计算能力。

依托本源量子,郭光灿和郭国平加大实验室量子计算领域研究成果转化力度,已陆续推出三代自主超导量子计算机。目前,我国第三代自主超导量子计算机“本源悟空”先后被139个国家和地区用户访问超2500万次,成功完成38万余个全球量子计算任务,涵盖流体动力学、金融、生物医药等多个行业领域。

如今逾八旬的郭光灿仍奔波于育人一线。他不仅为中学生做科普讲座,还多次参与“司南杯”量子计算编程挑战赛的活动。该赛事三届累计吸引超5000名高校学子参与,为我国量子计算事业储备了新生力量。

“我这一辈子就想努力做好一件事,再培养一批人才,承担我应尽的责任。希望年轻人能够接过接力棒,共同推动量子计算技术走向产业化。”郭光灿说。



泉州台商区聘任郭光灿院士为“引才顾问”(本报资料库/图)



去年5月,郭光灿院士回泉演讲引起广泛关注,图为观众听取《量子信息技术发展状况》演讲现场。(本报资料库/图)