

政策与资本加持 量子计算“AlphaGo时刻”越来越近

——专访中国科学院院士、上海交通大学量子科技学院院长丁洪



丁洪,中国科学院院士、上海交通大学量子科技学院院长。作为中国凝聚态物理领域的领军者,丁洪的研究轨迹,始终贴着量子科学的最前沿延伸。从铜基超导体展能隙发现到铁基超导序参量测定,从外尔费米子观测到马约拉纳零模模捕获,三十余年科研生涯里,他一次次在“固体宇宙”中刷新人类对量子物质的认知边界。2026年5月,其团队在铁基超导体中首次观测到量子磁通涡旋分数化与斯格明子形成,成果登上《科学》杂志,被视作“改写教科书”的突破。

证券时报记者 郭博昊 贺觉渊

一百多年来,因量子力学的建立而催生的第一次量子革命,带来了晶体管、激光、原子弹、核磁共振、高温超导等颠覆性成果,极大影响了人类文明走向。如今,随着量子调控技术取得巨大进步,第二次量子革命正在兴起,量子科技再度成为各国竞相追逐的前沿领域。在中国,量子科技被“十五五”规划纲要列为六大未来产业之首,获得政策红利与资本热度的双重加持。

量子科技距离再度改变世界还有多远?近日,证券时报“人民财讯·大观”栏目特邀中国科学院院士、上海交通大学量子科技学院院长丁洪,从应用前景、技术演进、产业逻辑、生态构建四个维度,拆解量子科技从实验室走向产业的完整路径。他给出的判断足够乐观:研发层面,中国量子计算已跻身国际第一方阵,量子通信领跑国际;量子计算机的落地使得解决实际问题已不遥远,未来3至5年有望迎来量子计算的“AlphaGo时刻”。他也提醒,机遇需要生态承接——人才培养、多元资本、产业布局缺一不可,“实验室公司”模式将发挥积极作用。

量子计算不会像AI一样迅速走进千行百业,而是先在少数特定领域跑通价值,由点及面、渐次铺开。

当前量子计算机所处的研发阶段,相当于1947年晶体管刚刚造出来的时候,这意味着还有很长一段路,但发展进程可能加速:从晶体管诞生到晶体管计算机普及,用了三四十一年。而在当前全球资源加速投入量子计算的背景下,这个过程会比经典计算机的演进更快。

量子科技和AI一样,最前沿的科学就是最前沿的产业,两者滚动迭代、循环推进,分不清谁在前谁在后。

创始人不必是顶尖科学家,但必须对量子科技有基本认知,最重要的是具备聚拢顶尖人才的能力。技术实力是基础,但组织能力与商业领导力同样决定企业能走多远。

“薛定谔的猫”走向工程现实

量子叠加态是量子力学的核心原理:电子、光子、原子等微观粒子在未观测、未与外界环境发生相互作用时,并非处于单一确定的状态,而是同时处于多种可能状态的叠加之中。这一原理最经典的通俗类比,便是“薛定谔的猫”——盒中的猫同时处于生与死的叠加状态,直到打开盒子观测的那一刻,结果才最终确定。如今,这只停留在思想实验里的“猫”,正从哲学思辨走向工程现实。丁洪表示,过去一百多年间,人类主要是理解和利用由大量微观粒子组成的多体系统的量子性质;随着第二次量子革命的兴起,人们逐步掌握操纵微观粒子和单一量子态量子行为的能力,实现对单个量子态、相干量子态的主动测量、调控与计算。对量子态的精确操控,带来了一系列经典物理技术无法企及的能力,即量子通信、量子精

为量子比特穿上“盔甲”

对于量子计算真正到来的时间,丁洪比很多人乐观。“二十年前曾有做量子计算机的人说,有用的量子计算机做出来可能比太阳灭亡都迟;但现在看来,这可能是我们这一辈子可以看到的的事情——三五年内,有用的量子计算机会出现;大规模实用的量子计算机的问世可能要十年、二十年。”丁洪表示。目前,各国研究量子计算的技术路线尚未收敛,主流技术路线可大致分为两类:一类是需要额外纠错机制的路线,包括超导、中性原子、离子阱等;其中,中性原子路线近年来进展最快,走该路线的创业公司数量呈爆发式增长,未来可能出现几十家相关公司。另一类是自带纠

有泡沫是前沿科技产业发展正常现象

根据“十五五”规划纲要部署,我国将瞄准引领未来发展重点领域,构建未来产业全链条培育体系,推动量子科技、生物制造、氢能和核聚变能、脑机接口、具身智能、第六代移动通信等成为新的经济增长点。参照人工智能(AI)的产业化发展路径,丁洪将量子科技的产业化划分为两个关键节点:第一个节点类似2016年阿尔法围棋(AlphaGo)战胜韩国棋手李世石,是技术能力的标志性验证。丁洪预计在未来3至5年,量子计算能够真正解决小规模的实际科学问题,届时将迎来量子计算的“AlphaGo时刻”。第二个节点是业内广泛谈及的“量子奇点日”(Q-Day),即大规模容错量子计算机能够破解通用密码、撼动现有加密体系的时刻。丁洪认为,这相当于AI产业发展的“ChatGPT时刻”,真正对全社会产生颠覆性影响。在传统产业认知中,技术转化遵循基础研究—工程研发—商业开发的线性链条,环环相

为量子科技厚植一片沃土

量子科技作为典型的人才密集型、资本密集型产业,其发展高度依赖系统性的生态支撑。在丁洪看来,量子科技产业生态构建离不开人才链、资本链的完善与产业布局的优化。人才是整个量子科技产业生态的根基,也是当前最突出的短板。丁洪强调,拓扑量子计算等前沿方向高度依赖数学和物理功底,人才呈现明显的年轻化特征,和AI领域非常相似。“人才培养要从娃娃抓起,至少初中阶段就要打好数学基础。”为做好人才培养,丁洪出任上海交通大学量子科技学院创始院长,开设量子英才班并亲任班主任,亲自面试选拔学生;他还走进中学校园做科普,鼓励奥数金牌选手投身量子领域。同时,丁洪对中国的人才优势充满信心。“最近二十年,中国基础研究发展非常迅猛。2008年我回国时,凝聚态物理实验领域中美还有明显差距,现在我们在实验方面已经不输给美国了。”他表示,这种追赶的底气,来自中国扎实的基础教

育:中小学乃至本科阶段的数理功底,奥数竞赛培养思维能力,都是基础研究的人才底座。资本是丁洪反复提及的另一块短板。他指出,当前国资国企仍是量子科技领域的重要投资方,但“投早投小投硬科技”的需求与国资保值增值的传统考核之间存在体制性矛盾,体现为容错免责机制不完善、国有投资人担责顾虑重、投资流程烦琐冗长,难以适配未来产业快速迭代的节奏。破解之道在于构建多元化资本投入格局,推动国资与社会资本的融合互补。“一方面国资要进来,社会资本、外资也要进来;另一方面管理模式要相互借鉴、相互融合。”丁洪表示,投硬科技不能要求每一笔都赚钱,风险投资的逻辑是“投十家亏九家,只要成一家就能覆盖全部损失”,但国资传统考核很难接受这种模式。以上海未来产业基金为代表的市场化运作模式,为行业提供了有益参考——管理团队偏市场化,引入科学家深度参与,在保值增值与风险容忍之间找到平衡。

错、本身可容错的路线,即拓扑量子计算,这是丁洪团队深耕的方向。丁洪曾多次公开表示,研制容错实用、超高能效的拓扑量子计算机是下阶段目标。量子计算领域普遍面临的核心难题在于,极易受环境干扰且容易出错,需要大量的量子比特去纠错,这极大限制了行业发展。拓扑量子计算路线的优势在于其天然的拓扑保护特性——就像给量子比特穿上一层“盔甲”——能大幅抵御环境噪声干扰,从根源上降低纠错成本。而实现这一拓扑量子计算的关键,就是捕捉稀缺的马约拉纳任意子。为捕捉马约拉纳任意子,丁洪牵头搭建起以

别是量子多体问题,如同未来算力体系中一支“特种部队”。他同时强调,量子计算与经典计算是互补而非替代关系。理论上,量子计算可以模拟全部经典计算,但量子计算机需要极低温环境且制造成本高昂,不会去做文字处理、网页浏览和线性计算等经典计算就能高效完成的任务,而是专注于经典计算无能为力的问题。从国家信息安全的角度看,量子计算是一把双刃剑:它既能突破经典计算的算力瓶颈,也将威胁到现行密码体系。大规模量子计算机一旦问世,现有公钥密码算法所依赖的数学难题将不再难解。谷歌量子人工智能团队今年3月发布的白皮书指出,在特定条件下,一台足够强大的量子计算机仅需约9分钟即可完成比特币私钥的破解,这一速度甚至快于比特币平均10分钟的交易确认时间。面对量子计算对密码体系的潜在威胁,中国早已提前布局。丁洪表示,中国率先布局量子密钥分发,目的之一就是应对其他国家量子计算可能先行突破的风险。量子密钥分发正是

铁基超导材料为核心的科研平台“铁马平台”,取“铁基超导+马约拉纳”之意,恰与诗人陆游“夜阑卧听风吹雨,铁马冰河入梦来”的诗句相呼应。2026年5月发表于《科学》的最新成果中,丁洪团队宣布在铁基超导体中观测到全新的物理现象,丁洪称其为“改写教科书”的突破。传统教科书将超导体分为两类:第一类完全排斥磁场,磁场过强即失去超导性;第二类允许磁场以整数倍磁通量子的形式部分穿入,“牺牲一部分、保留一部分”,因而能耐受强磁场、承载大电流,如今所有实用化超导材料均属此类。丁洪团队在铁基超导体中发现了更奇妙的现象:磁通以分数形式穿入,呈现出介于两者之间的

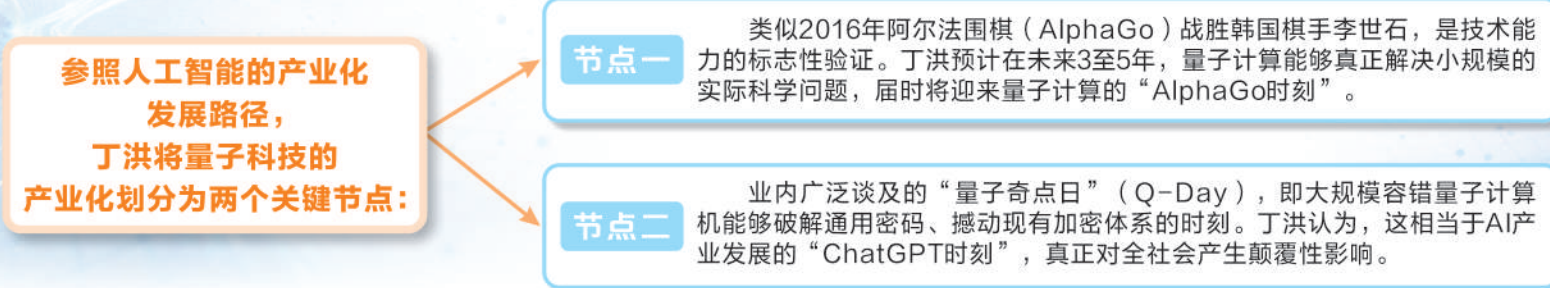
路线未定的窗口期,叠加未来产业的政策红利,让量子赛道迅速成为资本热土。据中国信通院预测,2026年我国量子计算产业规模将突破200亿元。热度之下,“泡沫论”也随之而来:部分研究机构认为当前技术成熟度不足以支撑市场热度。对此,丁洪认为,有泡沫是前沿科技产业发展的正常现象,AI行业也经历过多轮泡沫与洗牌。“任何快速发展的产业都会经历泡沫,甚至好几轮。泡沫什么时候破,事后才能看清楚。”在他看来,当前量子科技领域的投资泡沫客观存在,但泡沫并非全是负面:一方面,真正有技术实力的团队能在泡沫期获得充足资金,加速技术迭代;另一方面,市场本身具备筛选机制,投机者最终会被淘汰。商业成功的逻辑与科学成功的逻辑并不完全重合。“历史往往有讽刺性,最后做成的不一定是技术最强的那批人,反而是对市场敏感、管理能力强的团队可能跑出来。”丁洪称,会做科

学不等于会做商业,市场的调节作用不应被低估。对于创业者而言,量子计算是高风险赛道,缺乏人才、技术积累与工程经验的团队很难走得长远,适度的市场热度与竞争,对整个行业的发展利大于弊。但泡沫过大会带来一系列负面问题,甚至带来劣币驱逐良币的效应。对于有意入局的企业,丁洪给出了忠告:创始人不必是顶尖科学家,但必须对量子科技有基本认知,最重要的是具备聚拢顶尖人才的能力。技术实力是基础,但组织能力与商业领导力同样决定企业能走多远。站在一级市场视角,判断量子科技创业公司的投资价值也有两个核心维度:第一看人,看团队过往的科研经历与真实实力,技术底色是硬门槛;第二看技术路线的近期可行性、远期愿景都可以描绘,但近期能不能走通、能不能拿到下一轮融资,才是决定企业生死的关键。“技术强不代表企业强,创始人的商业领导力同样重要,这和传统风险投资(VC)的判断逻辑是相通的。”丁洪说。

量子科技作为典型的人才密集型、资本密集型产业,其发展高度依赖系统性的生态支撑。在丁洪看来,量子科技产业生态构建离不开人才链、资本链的完善与产业布局的优化。人才是整个量子科技产业生态的根基,也是当前最突出的短板。丁洪强调,拓扑量子计算等前沿方向高度依赖数学和物理功底,人才呈现明显的年轻化特征,和AI领域非常相似。“人才培养要从娃娃抓起,至少初中阶段就要打好数学基础。”为做好人才培养,丁洪出任上海交通大学量子科技学院创始院长,开设量子英才班并亲任班主任,亲自面试选拔学生;他还走进中学校园做科普,鼓励奥数金牌选手投身量子领域。同时,丁洪对中国的人才优势充满信心。“最近二十年,中国基础研究发展非常迅猛。2008年我回国时,凝聚态物理实验领域中美还有明显差距,现在我们在实验方面已经不输给美国了。”他表示,这种追赶的底气,来自中国扎实的基础教

育:中小学乃至本科阶段的数理功底,奥数竞赛培养思维能力,都是基础研究的人才底座。资本是丁洪反复提及的另一块短板。他指出,当前国资国企仍是量子科技领域的重要投资方,但“投早投小投硬科技”的需求与国资保值增值的传统考核之间存在体制性矛盾,体现为容错免责机制不完善、国有投资人担责顾虑重、投资流程烦琐冗长,难以适配未来产业快速迭代的节奏。破解之道在于构建多元化资本投入格局,推动国资与社会资本的融合互补。“一方面国资要进来,社会资本、外资也要进来;另一方面管理模式要相互借鉴、相互融合。”丁洪表示,投硬科技不能要求每一笔都赚钱,风险投资的逻辑是“投十家亏九家,只要成一家就能覆盖全部损失”,但国资传统考核很难接受这种模式。以上海未来产业基金为代表的市场化运作模式,为行业提供了有益参考——管理团队偏市场化,引入科学家深度参与,在保值增值与风险容忍之间找到平衡。

在区域产业布局上,丁洪明确反对“一哄而上、遍地开花”的模式。“高端人才是稀缺的,产业链也没起来,前期不可能遍地开花。”他以半导体产业和AI产业的发展轨迹类比:半导体产业起源于硅谷,AI产业早期也高度集中在少数科技枢纽,因此量子科技产业前期必然会向少数具备科教与产业优势的核心城市集中。尤其是量子计算对极低温、超净环境等硬件条件要求极高,技术门槛远超一般产业,集聚效应会更加明显。但这并不意味着其他城市完全没有机会。丁洪认为,产业基础薄弱的城市应先做好对基础研究和基础教育的支持,营造良好的科研环境。例如,合肥之所以能在量子、核聚变等前沿领域脱颖而出,根源在于早年引进中国科学技术大学,厚植了基础研究底蕴。串联起人才、资本与产业的,是丁洪在2026年两会期间提出的“实验室公司”模式。这一模式介于新型研发机构与企业实验室之间,以解决



图片来源:AI生成