

“跨界”带给科研灵感与激情

——专访中国科学院院士、上海交通大学李政道研究所副所长丁洪

■本报记者 姜澎

用一个词形容中国科学院新科院士、上海交通大学李政道研究所副所长丁洪，那一定是“跨界”。他在物理学领域被同行所熟知的三个梦，都是对“跨界”的注解——主持在上海光源建成了一条指标先进且高效高产的用户线站“梦之线”；推动世界上亮度最高的“梦之环”高能同步辐射光源的规划和建设；领衔怀柔科学城这个“梦之城”的规划并参与建设。一位物理学家，实现了三个规划设计的梦。

如果让丁洪用一个词来形容自己，他常常说，是“幸运”。在他的学术生涯中，平均每10年，就会有一个新发现。1968年出生的他，至今完成的四个发现都对物理学带来巨大影响——1996年在铜基高温超导体发现赝能隙；2008年在铁基超导体中观察到s-波超导序参量；2015年在固体材料中发现外尔费米子；2018年在铁基超导体中发现马约拉纳零模。

“幸运”的背后，是科学家特有的执着、创新和激情。更重要的是，他的“跨界”，为他带来了更多的科研灵感和激情。

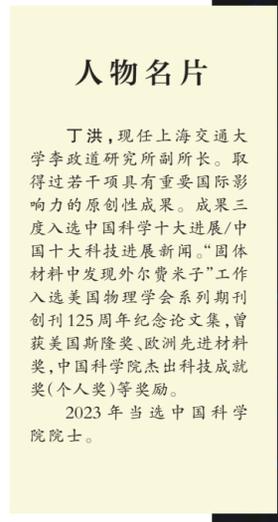
现在，丁洪正在努力实现自己的下一个梦想：期待用5年左右的时间发现拓扑量子比特的实现路径，或者确认它不可能实现。“我们的铁马方案，可能是拓扑量子比特最好的实现方案之一，一旦实现，量子计算机将成为可能。”日前，丁洪接受了本报记者的专访。

行动派的科学家，每一次转身都不优柔寡断

文汇报：很多人说，您是改革开放后第一位辞去美国正教授职位全职回国的物理学教授，当时您为什么选择回国？

丁洪：我回国可以说是机缘巧合。2008年，香港大学向我发出邀约，面试期间恰好接到中国科学院物理研究所的电话。我跟太太商量后，她二话没说鼎力支持，于是我当即决定回国。因为我从事的凝聚态物理研究领域需要大装置，物理所提供的机会更适合我。

物所每一次做选择，都很少瞻前顾后。于我而言，有梦想，就要想办法去实现；自己想做的事情，就立刻着手做。我可能算是行动派，2022年决定加入李政道研究所时也是我第一次到李所来交



人物名片

丁洪，现任上海交通大学李政道研究所副所长。取得过若干项具有重要国际影响力的原创性成果。成果三度入选中国科学十大进展/中国十大科技进展新闻。“固体材料中发现外尔费米子”工作入选美国物理学会系列期刊创刊125周年纪念论文集，曾获美国隆基奖、欧洲先进材料奖、中国科学院杰出科技成就奖(个人奖)等奖励。
2023年当选中国科学院院士。

流，当时，我就被李所的目标——建成世界科学理想中的研究机构所吸引，这也是我的梦想。

文汇报：几乎每10年您就会有一个重大科学发现，您是如何做到这一点的？

丁洪：也许是幸运吧，能够每10年就有一个发现。不过，就科研而言，我认为，这很大程度上得益于我对科研问题的选择。

问题的选择，考验一个人的科研品味。科学和艺术其实很相似，或者说相通。这两者都是追求极致的美。在物理学领域，很多科研成果的呈现都极具美感。而且，科学和艺术一样，要做好，都需要品位。对科学家而言，科学研究从提出问题开始，科学家的科学品味决定了他提出什么问题、选择什么课题。很难想象一个没有好品位的科学家会提出好的科学问题、做出好的科学发现。

另外，科学研究也有方法论。历史上，牛顿、爱因斯坦等科学巨匠之所以能做出很多科学发现，他们的思考范式和研究方法是很值得学习的。这也是为什么我会要求学生了解一些科学史，要在历史和大师对话。

现在，我期望在60岁时能够做出拓扑量子比特-量子计算机的晶体管。2018年我们联合研究团队在铁基超导体中发现马约拉纳任意子，对构建稳定的、高容错、可拓展的未来量子计算机



(受访者供图)

应用具有重要意义，这为我们实现量子计算机的晶体管提供了可能性。所谓“铁马冰河入梦来”，这就是我现在想要去实现的“铁马梦”。

科学家的责任，不仅仅是从事科学研究

文汇报：您是物理学家，而怀柔科学城的规划，和物理学研究的关系并不大，您为什么会投入这些工作？

丁洪：科学家的责任不仅仅是从事科学研究。我认为，科研之外，科学家应该，也必须参与各类科学事务，这也是为整个科学共同体承担责任。为科学研究而建的科学城，当然应该由科学家自己来规划。而且，科学家承担科学事务与从事研究并不矛盾，两者之间甚至可以相辅相成。

2008年回国后，次年，我就申请在张江的上海同步辐射光源建一条梦之线。2015年完成建设当年，我就用梦之线在固体材料中发现了外尔费米子。可见，梦之线的建成，帮助我实现了科研梦想，现在它还在帮助更多科学家实现他们的科学梦想。

梦之环同样如此。当时我在物理所工作时提出建设北京高能同步辐射光源

的规划。建设怀柔科学城时，我边规划、边参与建设，还担任“综合极端条件实验装置”项目负责人和首席科学家，这一连串任务，其实都和科学家群体密切相关。

文汇报：您为何有那么多时间和精力，做科研之外的事？

丁洪：很多人认为，专注就是把所有的时间都花在一件事上。我并不认同。我在科研上很专注。读博士时，为了得到理想的实验结果，我在地下实验室里一待就是几周，一年到头，我可能有半年多时间都是在地下实验室度过的，那里几乎没法“见天日”。

但是，科研除了需要专注，还需要天马行空的想象力，需要灵感。一个人把所有时间都耗在同一件事上，不仅不可持续，还可能导致自己的视野越来越狭窄。我关注的事情很多，而且大多数和科研无关，比如艺术、公益事业，这些看似无关的事情往往带给我科研的灵感。

科研是马拉松。对我来说，没有科研的生活不可想象，但是人生只有科研也不可想象。人需要丰富的生活来获得激情，所以我既可以熬夜搞科研，也可以熬夜娱乐。

也正因此，我常常会同做两件或两件以上可以“换脑子”的事。其中一件是科研，另外一件可以很随兴。就像科研和科学城规划，科研博士时，我就

思考科学城规划，规划做累了，我再去做物理实验。只要乐在其中，这些事既可以是工作又可以是休息。

所以，我在招学生时，也很关注他们的兴趣，因为当学生把科研视为任务，那么一定是不可持续的，只有他真心喜欢，才会乐在其中，并且自己想办法坚持下去。

文汇报：现在很多人对人工智能带来的影响有不同的看法，您研究的拓扑量子比特应该也会对人工智能的发展起到很大的推动作用，那么您如何看待人工智能的未来？

丁洪：我是乐观主义者，我认为人工智能会给科学带来极大改变，可以使科学发展进入加速度时代。

从我的科研经历来看，强大的记忆力非常重要，而计算机的记忆力是人所不可比拟的。人类的文明是依靠文字语言逐渐积累起来的，人工智能对语言文字的理解现在已经超出我们的想象了。正如年轻学生在不断和大师的对话和思想交流中，逐渐形成更好的科学品位、提出更好的问题，从某种程度上来说，人工智能可能是和历史上的人类大师对话和交流最多的，相信“它”也能提出更好的科学问题。我相信，未来也许会产生“阿尔法爱因斯坦”。量子计算机如果能做出来，也有希望大大推动科学发展的进程。

和更多科学大师交流，获得更快的成长

文汇报：您曾经提到，您之所以完成了很多看似不可能的任务，是因为有一个厉害的团队，有厉害的学生。那么您是如何挑选学生，又是如何培养学生的？

丁洪：中国有很多聪明的学生，但是很多有天赋的人未必在科研上获得成功，他们中，有一些人早早发现科研太辛苦，决定换赛道。也有些人找到了自己真正的热爱而离开科研领域。我的团队也一样，厉害的学生未必是最聪明、最有天赋的学生。

我非常看重学生的Grit，它指的是一个人的毅力、专注力以及持续的热情。我常常鼓励学生看一部电影《大地惊雷》，从中，他们会领悟到什么是持续的热情、专注力和坚毅。每一位学生加入我课题组时，我都会鼓励他们为自己而做科研。身为老师，我的责任是为

他们提供好的平台，提供开放的研究环境，给他们更多和大师交流的机会。

文汇报：从您的成长经历看，有什么成功经验可以和年轻人分享的吗？

丁洪：在年轻人的成长过程中，有大师引导，非常重要。大师能够带着我们抵达一个又一个山峰，看到更高的目标。年轻人在和科学大师的交流中能获得更快的成长，更加有可能站在巨人的肩膀上前进。实际上，多读一些科学史，也是和科学巨匠交流的一种方式。

我的人生受到过很多大师的影响。其中，对我影响最大的是物理学家菲利普·安德森。他是一位诺奖得主，比我大44岁。当时我在读研究生，他来我们实验室交流，我听完了他的发言后第一反应就是，“这个人的观点是错的”，而且，我毫不犹豫地说了自己的想法。面对我的否定，安德森决定给我好好上一课。我那时并不知道平日他的口头禅就是“你是错的”。当然，他平时也非常热心向别人伸出援手。当天，他真的花了一下午的时间给我上了一课，也是从那时起，我们相识了。

从他的身上，我看到了顶级科学家特有的品质，比如，兴趣非常广泛，他对世界万物都有兴趣，而且在期刊杂志上发表的文章也不限于物理学，甚至不限于科学，囊括了美学、哲学、政治学等等。他到90岁时还在追求科研上更高的目标。这也是为什么每次我做选择很少考虑得失，我常常想，我比他年轻多了，没有理由选择安逸的生活，或者在做选择时把规避风险放在第一位考虑。

文汇报：除了多和大师交流，您认为学生成长中还有什么非常重要的要素吗？

丁洪：就物理研究而言，尤其是实验物理研究，对学生的能力要求很高。从事实验物理就像成为一个“小作坊主”，要能提出好的科学问题，能规划实验路线，并懂得和人打交道；同时也需要有组装集成的能力，因为实验物理越来越向大科学方向发展；要有很强的动手能力，因为很多实验器材未必是现成的，要自己动手做才行。

最后一点，也是很重要的一点：从事物理学研究，需要具备很强的社交能力。很多时候，做物理实验需要依靠别人的设备，我有两个发现，就是在日本的实验室和瑞士的实验室完成的，其中一个发现和别的课题组发现只相差一两天，真的体会到了一种“惊心动魄”的感觉。过往的经历告诉我，没有合作者的大力帮助，靠一个人的力量，是不可能完成这些任务的。

都说创新重要，可如何培养创新思维？

观点摘要

■卢宝荣

创新，经常成为议题，引发讨论。究竟什么是创新与创新思维？如何才能创新？

在笔者看来，所谓创新，就是指用全新的方法来解决现有问题的实践活动。简言之，就是前人从来没有做过的事。创新必须有创新思维习惯作为依托，这样，人们才会在观察事物、处理问题和解决矛盾时采用全新方法。而创新思维则是以独创的、新颖的、甚至是颠覆性的方式或技术来解决问题的思维过程。

在科研“三部曲”中，提问是创新的关键一步

什么是科学研究？研究的本质是什么？研究的正确方法或路径又是什么？按照一般定义，科学研究是指为了增进知识，包括人类文化和社会知识以及利用这些知识去发明新的技术而进行的系统创造性工作。

结合多年的教学和研究实践，我个人对科学研究的解析是：科学研究是指在正确的时间提出合理的科学问题，并通过实验或实践，使问题得以验证和解释的过程。“研究”的英文单词为Research，由两个部分组成，其前缀“re”意为反复不断地，而词根“search”意为寻找。因此，研究的本质就是不断寻找和探索基于科学问题而建立的科学假设，并寻找答案的过程。研究方法正确，就能获得答案并取得成功。反之，则难以得到正确答案或结果。

基于这样的思路，科学家们在失败与成功的经验中，形成了一个以假设为驱动的科学研究方法，具体包括三个关键步骤：提出科学问题，建立科学假设(猜想)，用实验或实践来验证科学假

空谈总是容易，不过，要真正创新，做前人从未做过的事，想前人所不敢想，是非常困难的。特别是对一些已形成思维定式，总是按常理出牌和看待事物的人来说，要求他们打破常规，用不同方式思考和解决问题，更加困难。这时，就需要启用不一样的思维方式，即带有强烈感性色彩和跳跃特点的艺术思维来帮助破局，通过科学与艺术的冲撞，通过理性和感性思维的交锋，方能激发出创新的火花。

设。通过提问/猜想和实验验证的过程，获得大量实验数据或结果，经过对数据分析总结，找到支持科学假设的证据，从而获得新结论和新发现。

显然，在科研“三部曲”中，提出问题这个阶段对于创新研究极为重要。如果提出的问题没有新意，前人早就已经提过并已解决，研究结果怎么可能会有创新？因此，提出有创意的问题是科技创新和创新发展关键。

爱因斯坦就特别看重问题的提出，他曾说，提出问题往往比解决问题更重要。因为解决问题也许是一个数学或实验上的技能而已，而提出新问题，则需要有创造性和想象力，且标志着科学的真正进步。

长期以来，我们的科学教育和科研能力培养，却往往忽略好奇心、想象力和探索未知愿望的培养，特别是“刷题式”和以考试为最终目标的教育，让许多人丧失了想象力和创造力，这对国家的科技振兴和创新发展极为不利。

艺术与科学的融合碰撞，产生创新火花

科学与艺术似乎相去甚远。其实，在远古时代，人类并没有将艺术、科学和技术进行区分，我们经常看到一些陶器时代的精美器皿，即使用现代的角度来审视，也觉得它们外形精美，设计科学合理、制作技艺无可挑剔。很难想象，当时有专门分管设计外形、绘制艺术装饰、制作产品的工匠来分别完成这样一件器皿。

2000多年前庄子就有了判天地之美、析万物之理的思想，显然，“美”代表艺术，“理”代表规律。由此可见，那时艺术和科学并不分家。

无独有偶，著名画家拉斐尔·桑西的名作《雅典学院》表现了2000多年前西方最古老大学的盛况，画中有柏拉图、亚里士多德、毕达哥拉斯、伊壁鸠鲁、阿基米德、托勒密、亚历山大大帝等各界大咖，在这样的大殿堂中供奉着两尊神像，左边的音乐之神阿波罗代表艺术，右边的智慧女神雅典娜代表科学。这说明，古老的西方也将艺术与科学归为一家。

难怪法国现实主义小说家居斯塔夫·福楼拜预测说，越往前走，艺术越要科学化，同时科学也要艺术化。两者从山麓分手，又在山顶汇合。由此可见，艺术与科学的融合与碰撞产生创新火花，不仅完全可能，而且早就已经发生。

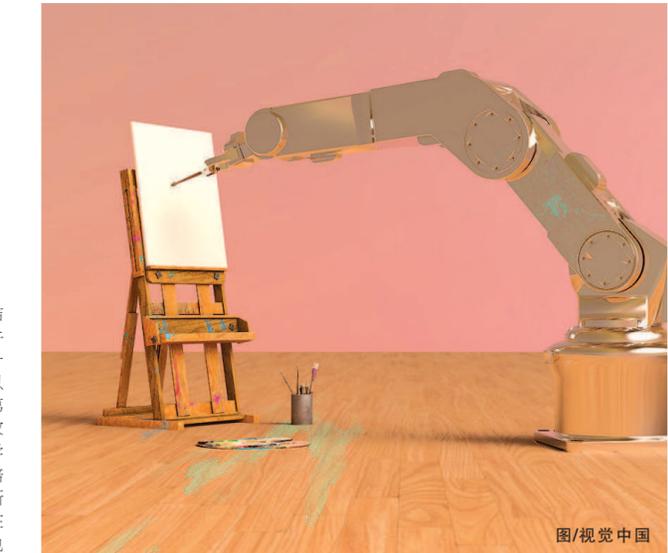
物理学家、诺贝尔奖得主李政道先生也曾评论，科学和艺术是不可分割的，就像硬币的两面，它们源于人类活动最高尚的部分，都追求着深刻性、普遍性、永恒和富有意义。

纵观科学发展史，许多科学巨人都同时具有艺术天赋与素养，都是跨界人才。达·芬奇就是一位杰出代表，他的绘画名作《蒙娜丽莎》和《最后的晚餐》曾让世人倾倒，这两幅名画的创作都历时四年之久，其中运用了包括人体解剖学、透视学、色彩学和地质学等科学知识，正是艺术与科学的完美结合使之成为传世之作。同时达·芬奇本人还在数学、建筑学、军事工程学、植物学等多个领域有极深的造诣。我们很难想象，世界上第一架直升机的设计图竟出自于

达·芬奇之手。

像这样同时将科学与艺术完美结合的牛人还有很多，包括物理学家牛顿、爱因斯坦、普朗克，中国“两弹一星”之父钱学森、地质学家李四光以及之前提到的李政道等。中国的第一首小提琴独奏曲则是由地质学家李四光谱写的。正是由于这些科学大师们在其科学生涯中有艺术的陪伴，才激发了他们的科学创想和创新精神，让他们有不一样的人生，并在科学研究中做出了创新研究成果，也给人类留下了宝贵的科学财富。上述科艺双修的成功科学家们，不仅展示了科学与艺术相融合在产生灵感和创新顿悟过程中的重要性，同时还提醒我们，艺术修养和审美能力在科学鉴赏和价值判断中尤为重要。无论是科学研究还是艺术创造，追求的共同目标都是美，科学研究追求自然的规律美，艺术创造再现自然的状态美，这就完美诠释了析万物之理、判天地之美的大道。

尽管不同人群对同一客观事物的感受可能不一样，但是人类对于美的理解或审视会遵循一些共性原则，例如简单之美、对称之美、联系之美、和谐之美。无论是科学家还是艺术家，在追求“万物之理和天地之美”时都将不自觉地运用美的原则，例如阿基米德的杠杆原理、牛顿的万有引力定律、爱因斯坦的质能方程、达尔文的进化论以及遗传学三大定律，都是通过最简单的形式，揭示了世界最具普遍性意义的真理，可谓大道至简。就连地球众多繁杂的各种生命形式，其DNA分子结构却只有两条对称的链条和四种碱基构成。艺术创造中追求简单之美和对称之美的例子，更能在绘画大师齐白石、张大千、毕加索以及许多极简主义艺术家的作品中找到。因此，用艺术的独特眼光去挖掘和审视这样的简单之美和对称之美，就能够发现大自然中不一样的现象及规律，就能够在科学研究中所创新。



图/视觉中国

激发左右脑碰撞，摆脱“疑无路”走向“又一村”

让科学与艺术碰撞并产生创新的火花，这不仅被大量实例证明，也具有科学依据。科学思维与艺术思维有许多共性特征，但二者仍然有自身的独特性质。以求真为目标的科学思维，更多运用理性和逻辑思维，重视看得见、摸得着、检测得到的证据；而以追求美为目标的艺术思维，更多运用感性的、形象的和非逻辑的思维模式，重视想象力和思维的跳跃性和抽象性。如果思维过于理性化、逻辑化，有时容易钻进牛角尖而不能自拔，进入“山重水复疑无路”的困局，而在这时，感性和跳跃的艺术思维就能够破局，让我们跳出困境，达到“柳暗花明又一村”的境界。

著名心理生物学家、诺贝尔奖得主罗杰·斯佩里通过大量比较实验研究，发现人的大脑具有功能区分，他认为，左脑半球更具有逻辑、数学、分析、符号和语言等与科学研究相关的天赋；而右脑更具有韵律、节奏、想象、感情、创造和画面等与艺术创造方面的特长。经常使用科学左脑和艺术右脑，并激发左右脑之间的碰撞，有利于人类大脑功能的开发。

其他研究和统计也进一步表明，许多诺贝尔获奖者的右脑都比较发

达，他们都善于运用大脑右半球的天赋来为科学研究提供灵感和创新的火花。著名的物理学家迈克尔·法拉第首次发现了电磁感应现象并创造了世界上第一台交流发电机，从此为世界增添了光明。他在电场力场中的关键性突破非常重要，但其中的磁力线，是无法用眼睛观察到的，而是他通过艺术想象力“看”出了这一自然规律。因此，人类的聪慧在于有效合理开发利用右脑和左脑，并不断在科学左脑和艺术右脑的碰撞中激发创新灵感。

总而言之，科学与艺术思维方式不同，但追求的终极目标一致，即发现美和创造美。因此，美育或艺术教育在科学研究与创新发展中意义重大。感性的艺术思维能够激发无限想象力以及科学研究中的灵感和创造力。科学教育求真，让我们正确认识大自然的规律；人文教育求善，让我们懂得关爱并富有情怀；艺术教育求美，让我们能够鉴赏和判断天地的美妙。如果缺乏了真、善、美的任何一个元素，我们的学习都不算完整。因此，要造就对国家有贡献的创新人才，必须推进融科学、人文与艺术为一体的“完美”培养。

(作者为复旦大学生命科学学院特聘教授)