



每一个细节都力争做到极致，把实验技术发挥到极限。他们几个月甚至更长时间才能克服一个困难，向目标推进一小步。

薛其坤的很多学生曾经较劲：“想趁着自己年轻，和薛老师比一比，看谁先到实验室，谁最后一个离开”，但多年来几乎没人能赢。这是一种近乎苦行的“修炼”，但薛其坤却体会到的是快乐而非痛苦。

功夫不负有心人，就是在经历了这种顽强坚持和追求极致的过程，最终找到最佳的元素搭配与结构。2012年10月12日晚，薛其坤团队在制备的磁性拓扑绝缘体样品测试中首次发现了量子反常霍尔效应的迹象，经过两个月的奋战，获得了完整的实验数据证明了量子霍尔效应的存在。2013年3月15日该工作发表于《科学》，引起了国际轰动。这是量子霍尔效应家族里最后一个有待发现的重要成员，也是近年来国际物理学界由中国科学家以无与伦比的精巧实验和近乎完美的实验数据完成的重大科学成果。

用薛其坤的话来说，量子反常霍尔效应的实验操作挑战很大。从材料的角度来看，需要制备出有磁性的、拓扑的、绝缘的超薄膜。“对于一个二维体系，一般的研究生就可以知道，这三种性质往往是互相矛盾的。比如磁性和绝缘往往是矛盾的，我们熟知的磁性材料铁、钴、镍是非常好的导体，一点都不绝缘；绝缘体如我们熟知的陶瓷、玻璃等又没有磁性。如果需要把绝缘体变得有磁性，只能在玻璃的制造过程中加入很多的铁、钴、镍，加少了仍然是绝缘的，没有磁性，加多了变得有磁性后，它们也往往变得导电了。

“拓扑和磁性也是矛盾的，铁是一个轻元素，然而要有拓扑性需要用重元素，掺杂了铁、钴、镍，有磁性了以后，拓扑的效应，也就是自旋轨道耦合就会变弱。所以需要制备一种三不像的材料，就好像要求一个运动员既像姚明那么高能打篮球，还要像刘翔那样跑得快，还要像溜冰运动员一样伶俐。四项全能运动员很好找，但他们每一项都不是最高水平。而我们要找的是每一个特点都要和最好的材料可比拟的三不像材料。”

薛其坤说，团队的科学目标非常清楚：实现没有磁场的量子霍尔效应，也就是在没有磁场的情况下测到霍尔电阻值等于

h/e^2 ，即 25812.807419 欧姆的电阻。“在 2010 年到 2011 年间，我们制备出了磁性拓扑绝缘体薄膜，但测到的霍尔电阻几乎是零，导电性非常好；在不断的努力和坚持下，发现一个问题解决一个问题，霍尔电阻跳到几百欧姆；又是半年多的坚持，重复实验，改进条件等等；又发现了一个问题，然后电阻又增加了一点，又实现了一点点进步，终于在 2012 年的 12 月份看到了没有磁场的情况下霍尔电阻达到了 25812 欧姆左右，意味着量子反常霍尔的实验发现。”

从 1879 年美国物理学家霍尔提出霍尔效应，到 1988 年邓肯·霍尔丹预言量子反常霍尔效应，再到薛其坤在实验上发现这一现象，数代物理学家前后共耗费了 100 多年的时间。“科学就是在一点一滴的进步中实现超越”。

“量子反常霍尔效应”是中国科学家发现且能写进物理教科书的工作。在过去相当长的一段时间里，被收入教科书的基础科学领域的突破往往源自其他国家科学家的新发现。所以，诺贝尔奖获得者物理学家杨振宁评价薛其坤的成果：“这让我想起很多年前接到物理学家吴健雄的电话，第一次告诉我在实验室做出了宇称不守恒的实验，这个发现震惊了世界。今天薛其坤及其团队做出的实验成果，是物理学领域最近几年一个重大的成果，这不仅是科学界的喜事，也是整个国家的喜事。”

实验利器：针尖

在接受《新民周刊》采访时，薛其坤特别提到自己的两位导师——中科院的陆华教授与日本东北大学的樱井利夫教授。

“1988 年开始，我在陆华门下做研究生，开始就一直在学习、发展实验技术。”

薛其坤指出，进入到微观世界不能缺少观察微观世界的眼睛。而扫描隧道显微镜，就是三种能实现原子分辨率的科学仪器之一。扫描隧道显微镜用的探针是非常尖锐的金属针尖，金属针尖是另一个实验技术——场离子显微镜的样品。

除了科学家在量子科技领域开疆拓土之外，量子技术要真正给人类带来福祉，还需要更多创新创业者、企业家、投资人的加入。