

前言

2005年7月29日，钱学森曾向温家宝总理进言：“现在中国没有完全发展起来，一个重要原因是没有一所大学能够按照培养科学技术发明创造人才的模式去办学，没有自己独特的创新的东西，老是‘冒’不出杰出人才。这是很大的问题。”

钱先生所关心的问题一直是中国教育发展的一道艰深命题，自钱先生发问之后，就一直引发整个教育界乃至社会各界的广泛关注与讨论。

作为想要探索回答“钱学森之问”的尝试，2009年清华大学成立“清华学堂人才培养计划”钱学森力学班（以下简称清华钱班），这是国家“基础学科拔尖学生培养试验计划”唯一定位于工科基础的试验班。清华钱班旨在秉承钱先生的创新型人才培养思想，致力于构建一个开放型的创新教育模式，以有利于学生成长为工程技术领域具有健全人格、领导力和突出创新研究和发明能力的人才，期望他们将来能够通过技术改变世界、造福人类。清华钱班的核心理念是：帮助每一位学生找到独特、特别感兴趣且天赋擅长的发展方向；引导学生的激情方向指向历史性机遇下的全球性的重大挑战问题；鼓励学生在全球范围内寻找到乐意深入指导该学生挑战重大问题的杰出、有经验的导师。

经过十二年的探索，清华钱班摸索出的“进阶式研究学习系统”已比较成熟：从本科一年级开始，通过多层次了解并参与重大科技前沿领域的挑战问题的机会，帮助学生找到内在激情与使命。通过逐级提升的进阶研究，引导同学们从被动学习中解脱出来，在导师的帮助下，开展主动学习、挑战学习、研究性学习，最终成长为科技领域的拔尖创新型人才。

为此，清华钱班对传统培养体系进行了颠覆性重塑，形成了数学、科学、工科基础、人文社科、贯通综合、科研实践等六大培养模块，以重大挑战问题为牵引，开展高度个性化的精深学习。

十二年的探索过程中，在以郑泉水院士领衔的一批优秀老师带领下，清华钱班培养了很多对重大前沿课题有激情、愿意探索、努力付诸实践进行创造性学习的优秀学子。从本期开始，本栏目将刊登清华钱班这十二年发展中有代表性的学生故事，既是对清华钱班人才培养探索过程的记录，也是清华大学人才培养探索的时代见证。

找到闪耀的光

学生记者 王金羽

我们今天故事的主人公，和清华校内的大多数男孩看起来没什么的不同。你会看见他经常穿着黑色的外套，骑着蓝色的电动车，飞驰于宿舍和实验室之间。每周有一两个晚上跟舞队的朋友练舞，周末也会打打游戏任其虚拟角色厮杀

在“高地”，或者偶尔小酌于居酒屋跟三两好友品尝“烧鸟”说说心事。但是当你一时好奇，在百度搜索他的名字时，会发现他曾获得第17届亚洲中学生物理奥赛金牌、2020年清华优秀本科毕业论文，并在博士一年级发表了Nature

Communication，在很多人还对未来茫然未知的年纪，他的眼界和成就已堪为楷模。他就是“钱学森力学班”2016级学生，黄轩宇。

有志于此，笃行之

如果说轩宇有什么让人觉得不

太一样的地方，大概就是他讲起超滑微发电机时，眼里闪烁的光。结构超滑技术，是郑泉水院士团队近二十年开创并引领的一个新兴科技领域，结构超滑指的是两个固体表面直接接触滑动过程中摩擦几乎为零和零磨损的状态。超滑微发电机项目通过将结构超滑技术应用在滑动界面，不仅可以实现极高的电流和功率密度，并且同时具有几乎无限的寿命。随着微纳制造技术在传感器、私人健康系统、人工智能等领域的发展，超滑微发电机将彻底解决上述领域的微纳设备的供电问题，具有巨大的应用空间。这项研究是轩宇在大一开始参与主导的研究，也是他延续至今的课题。

初时接触这个研究，来自郑老师一个不经意的介绍。当时还只是一个思路，郑老师说课题组里没有博士生敢尝试这个全新的领域。所以当轩宇自告奋勇参与进来的时候，课题组内没有一个人了解相关的工艺，甚至必须的一些实验器材也不尽完备。尽管有导师铺桥搭路，他一个人到其他实验室的时候仍免不了碰一些软钉子。

“当时我需要去中科院物理所微加工实验室做实验，是通过郑老师介绍去的。毕竟是去别人实验室，肯定没自己实验室这么方便。要通过审批、通过安全考试，之后每一个工艺的设备都需要学习，从通过考核到自己会操作，再到能够加工出来，一个学期就这样过去了。而



黄轩宇参加舞蹈演出

且在外面的实验室也会受到很多眼色。”

言及此，轩宇用手抓了抓他蓬松微卷的头发，有些不好意思。又连说两声“没有啦”，许是想表达如果易地而处，他也可以理解。

“毕竟是借别人的设备，人家可能哪天出于某些原因，说这个设备我就只能准你这么，不准你用特殊工艺，那就没法去做我想要的东西。或者得跟他解释，每一步都得小心翼翼，别一不小心搞坏了，那就所有的设备都不能用了。”

实验设备的操作以外，还有很多原理和基础要补，培养方案里那些课程显然不会适配于任何具体的科研任务。为了这个研究项目的需要，轩宇选修相关课程、阅读前沿文献，外人看得见的光芒背后是他在明确目标指引下的不懈努力。

“一个工艺就花了我小半年时间。大三做 ORIC 的时候要加工器件，但是郑老师组内没有人会加工。不

像现在有超滑所、有工程师、有相关领域的博士后，那时候我们连光刻是啥都不知道。我连最基本的工艺步骤都不懂，所以我就为了这个去选课、去积累这方面知识。”

这些为了科研而自学探索的事情，每周都要吃掉他几个半天。科研和课程不同，没有明确的答案和必然的结果，沉默的时光里需要消化掉对未知的恐惧和怯懦，再去规划好自己的时间。轩宇坦言他从初中开始就没有任何人管过他的学习，物理竞赛使得他习惯于自己规划学习进度、为自己设定奖励机制。所以当笔者问他是如何克服的，他说，如果设定的一周任务都完成了，那就去参加舞蹈队的训练作为奖励，“感觉时间没有那么难过”。

“做什么事情我觉得最重要是把自己整个几年要达成的阶段目标定清楚。这可能跟我的成长经历有关系。因为我从初中开始就没有任

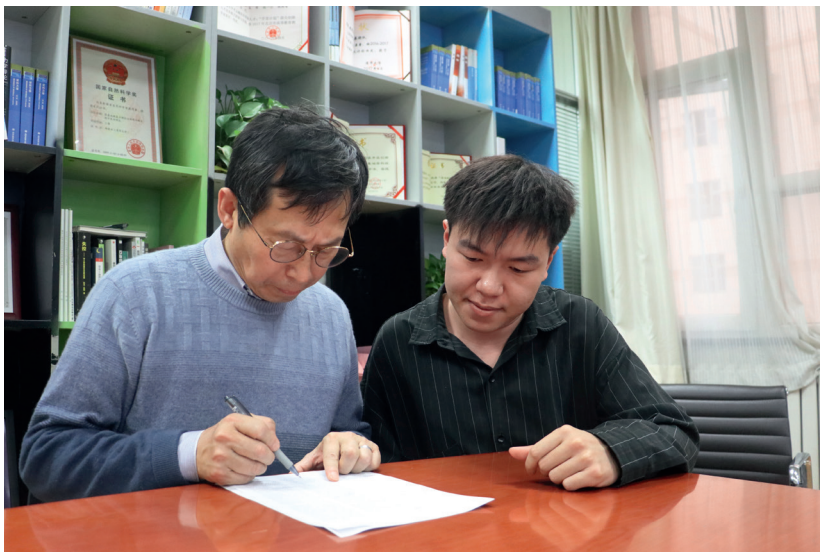
何人管过我的学习。包括到高中，我们是纯自习制，物理竞赛是没有老师教的。所以每天刷什么题，几天还是几个月完成一本书全靠自己定。如果这一周我想做的事情都完成了，我就会参加舞队的训练，把它当做是对我这一周的奖励。”

有师如斯，从游之

在未知领域探险的新兵，搁浅的太多，好在轩宇的探险途中有灯塔般的存在，他的导师——郑泉水院士。轩宇最早在郑老师那里被超滑发电机这个项目吸引之后，就大着胆子拿着自己推导的公式来找郑老师讨论了。轩宇回忆那时的自己忍不住发笑，“其实是在拿做题的思路在推导公式，推得很复杂”，但是他在郑老师这里收获了最大限度的鼓励和支持。

“我推得很发散，很复杂，没有收敛性，也没有目标性。科研讲究要‘力出一孔’，郑老师就会帮我把它收敛。而且每次讨论他都会说，这些都挺好，但是哪些是重要的，该往下走，哪些可以先放一放。他稍微帮我收一下，我下次可能又发散了。因为确实不可能一次就学会，所以下次他再帮我收一下。这样慢慢的，自己就有感觉了。”

在这种导师帮忙“收一下”，下一次“又发散了”的循环中，轩宇得到的都是正反馈，他能感觉到自己被一个强大的力量坚定地支持、



郑泉水老师指导轩宇做研究

认可，所以他勇敢。

“我是那种自尊心比较强的人，如果做的事情得到认可是一件很开心的事情。我跟郑老师约定两周沟通一次，那两周不管有没有太大进展，他都会跟我说做得很不错，然后告诉我或者跟我讨论出来下一步该怎么办。我就会不断收获信心，同时又知道下一步该怎么做，不会很迷茫。所以我会很主动地去找郑老师，我觉得每次能够得到一些认可就很好。”

轩宇言及这段对他这个“新人”的科研热情饱含呵护之心的经历，总忍不住笑，笑自己的稚嫩，也笑自己运气好。所以，这样“带人”的方式，不仅为他受用，也被他传递。现在他也正在“带小孩”，领着钱班一名学弟做科研。这不同于当初进组的时候和师兄们讨论，现在的他要用自己的经验帮助学弟填补做

科研所必须的知识，为他引路、纠偏，而分寸的拿捏轩宇还在努力摸索中，他觉得这是一门新的学问。

“比如说他做了一个实验，找我讨论，我一眼就能看出他实验里面有很基本的错误，但这时候不能说得很直，否则他会丧失掉很多信心。但是又不能每次把所有东西都跟他说尽，那样他就会感觉自己是个傀儡，都是按照我说的在做，没有他自己的想法。”

说到这里，他的表情极认真，不停地打着手势。笔者忍不住追问他是不是一直就这样善于照顾其他人的感受，他表示从郑老师带他的经历里有体会，而且也会观察学弟的反应。

“两个极端，让他完全自己走就一直在失败；全告诉他，他又会觉得没意思，所以需要在这两者中间去找权衡点。我觉得特别是刚

开始做一件事情的时候，如果我不动就说你这东西做得不行，你做了一点，我就说你不行，又不告诉你之后怎么做，那谁还愿意做？”

访谈结束后，笔者特地找到了这位钱班的学生，询问轩宇是怎么“带”他做科研的。

“感觉可以分成几个阶段，刚开始做科研的时候什么都不懂，师兄一直教我各种做事的方法，带着我做。后来自己能做了，师兄就更多的是跟我讨论怎么做。”

所谓从游，不仅是学术大师引领学生在这个领域逐渐有自己的建树，更是言传身教，将对待科研新人的这份呵护之心传递下去。保护科研新人的热情、支持科研新人的发展，从而使越来越多优秀的年轻人愿意加入到对人类未知的探索中。

有此一问，慎思之

科研和课程之间的矛盾就像科研和教学之间的矛盾，后者尤多见于坊间对大学教师的讨论乃至诟病中，前者则来自钱班内外对学生参加科研是否影响课程学习的怀疑。笔者跟轩宇提及了这一问题，告诉他现在大一、大二学生偶有被课程所累的负面情绪，难以权衡科研和课业的天平，更担心自己基础知识储备不足，无法有效参与研究。轩宇略一皱眉，表示有一些想分享给学弟学妹的心得体会：

“拿到一个真正的科学问题，

发现里面好多知识不懂，一定会不知所措的，但如果换一个面去看待呢？你就会发现这个东西会激励你学习。因为这是一个新的领域，如果你都知道，还有什么可做的呢？从这个角度想，就会发现应该为了可以做、可以明白去学，而且这种学才是有意义的。反之，如果再多出两年本科时间，去上遍所有的课，又有什么用呢？一方面，不用这些知识会忘；另一方面，就算学了也学得很浅，以后会发现做相关的科研还是不够用，还要再学。”

在液晶大楼三层微纳中心的会议室，访谈接近尾声的时候，记者问他，如果遇到超滑发电机的课题时你已经是博士生了，你还会做吗？他几乎是脱口而出，“如果是博一博二的话会，如果是博三以后就不会”。本科生尝试参加科研，不必将它作为课程学习的对立面，而是早一点去认识研究、认识问题、认识自己。

“这个东西有适应时间的。你看我这个研究前两年其实没有什么‘进展’，都在学习。作为一个博一新生接触这个问题的话，我会回到我大二的状态，那可能到我博三博四的时候才能有一点成果，后面就要忙毕业了。如果博三才接触，就没有时间积累到这么深的层次。博士生有一个年限问题，但是本科生做科研没有什么压力，没做出来或者不喜欢也没事。”

在钱班的培养方案里，有P/

ESRT、ORIC、SURF三个体系：

P/ESRT：增强版学生研究训练（Enhanced Student Research Training），这是钱班自2011年开始启动的跨度2~3个学期的4学分必修课程，建议（但不强制）学生至少选择两个不同的研究方向和导师，用不同的方法（理论、计算、实验）进行研究实践。

ORIC：开放挑战性创新研究（Open Research for Innovation Challenge），这是钱班自2012年创设的一门跨度两学期的8学分必修课程，旨在通过一整年的研究实践帮助学生体验完整的研究过程，掌握并提升研究相关知识的能力。

SURF：高年级学生研究员计划（Senior Undergraduate Research Fellowship），这是钱班自2012年创设的一门可从大三暑期开始，到大四中春假结束，跨度6-9个月的离校实习研究员必修课程。实习地须是钱班认证过的国际一流的大学、研究机构、企业或导师等。凡不在认证之列的，需钱班首席特批。

在这三个贯通体系里，大家可以更早地进入科研、做自己想做的事，可以很低成本地去尝试，哪怕是试错，也是“最钱班的事”，这是研究生学习以后再难负担的时间和机会成本。

深秋下午的阳光撒在轩宇的头发上，若隐若现，远不及他言及科研时眼里的光。理想的教育，是让每一个人找到自己眼中闪耀的光。