

## 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、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。

经过十三年的探索，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。

十三年的探索过程中，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。本栏目将陆续刊登清华钱班这十三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。

# 张泽：人生的两点间 直线不是最短

▶ 本刊特约记者 王金羽

2022年11月中，北风已开始吹落清华园里一片片金灿灿的银杏叶，而深圳温暖如春、上海亦不觉寒意。记者跟张泽在周日晚上十点开启了视频连线，在节奏飞快的“大湾区”“长三角”

一同向西北望，遥想四季分明的北京，回忆活泼跳动的青春。不知不觉近两个小时过去，记者与这个扎着马尾、带着眼镜，笑起来有整整齐齐一排白牙的女生有种倾盖如故之感。

熟悉我们系列故事的读者也许会有疑问：钱班的学生是不是都在本科甚至更早时候就立志要做科学家？本科期间是不是已经历几段科研训练、在尝试中有了明确的方向？事实上，本期故事



张泽（右）2013年在清华仪仗队



张泽（后排左二）在清华时参加马杯闭幕式

的主人公在大学前三年面对科研时一直有畏难情绪，倒是在清华纷繁的社团活动中玩得很开心，直到一次海外研修才终于打开了她求知好奇的本心。多元的钱班有多样成长故事，包容的老师眼里并非只有天才或平平无奇。

张泽是2011年进入清华大学钱学森力学班学习的。本科期间，她愿意每周花十多个小时参加国旗仪仗队严格的训练和活动，却不敢随意尝试SRT（Student Research Training，本科生研究训练计划）；她会应学姐的邀请欣然加入女足俱乐部，但看到“湍流”相关的研究题目就发慌。直到大四在钱班必修的海外研修中，张泽才感受到科研带来的兴奋、“剥洋葱”般的刺激。2015年毕业后，张泽被斯坦福大学机械工程专业全奖录取攻读博士学位。张泽的博士导师 Arun Majumdar

是美国工程院、科学院院士，曾任美国能源部先进能源署首任署长。Arun 录取张泽的那一年，刚卸任政府职务全职来斯坦福任教不久。张泽坦言，进入课题组是从实验室装修开始的。在经历博资考失利、去创业公司实习等一系列“弯路”后，张泽在去年秋天获得了博士学位，并直接回国加入华为海思研究部。

### 跳动：欢脱和不安

回顾选择钱班的理由，张泽跟大多数钱班人一样，答案都是“理工工科都喜欢”“没想好学什么”。钱班宛若一个大型中转站，在确信它的学生心目中，如果没想好目的地的话，来这准没错——来了以后哪都能去。2011年是钱班成立的第3年，那时钱班还没有形成整套的科研进阶训练培养体系，比起清华其他理工科院系，那时的钱班最大的特点是有很多

更具挑战性、定制化的课程。不过这些倒没难到张泽，大一那一年她沉浸在清华多样的社团活动里。

“清华的各种资源都很丰富，我军训的时候就加入了国旗仪仗队，每周花10个小时在训练和各种活动上，之后还跟室友一起加入了女足。

此外还有西麓学社（国学晨读协会）、思源计划（饮水思源，服务社会，优秀学生培养计划）以及航院体育部的一些活动，我玩得倒是很欢脱。”

有时候，一个人停不下来可能是没有找到合适的停留点。在紧张的学习生活之余，张泽活跃在热闹欢腾的社团活动中来维持某种意义上的忙碌充实。一年级的時候张泽平衡得很好；但进入二年级开始更多地承担组织者的角色，担子骤然加重。

“比如航院体育部长这一项职务就有大量沟通工作，我印象非常深刻，有一次上专业课我的手机从头响到尾，不停有短信、电话进来，我也深感自己的学习受到干扰。后来班主任张雄老师找我谈话，我才知道成绩从班级前两名掉到了中游，不过张老师也没说我不好，只是问我有什么原因或困难，我就跟他说了我的

情况。后来纠结了很久，我在大二寒假之后辞去了体育部长的职务。”

钱班首席教授郑泉水院士曾经多次提到，学生来到钱班以后老师们的第一件事就是帮助他们改掉用应试的思路进行本科学习的习惯，希望每一个学生都能在大学期间找到自己的方式去表现自己，换言之，找到属于自己的赛道。郑老师会强调学好一门课不是为了GPA，所以互相也不要去看打听考试分数。这一点在张泽的访谈中得到了证实。她第一次知道自己的成绩是在报名思源计划的时候，第二次就是班主任的这次沟通。

可是自己的赛道在哪里呢？张泽的欢脱生活中隐约闪烁着不安。当时的钱班没有必修的科研训练，SRT只是一个选择。张泽拉开长长的SRT列表，感觉每一个项目对自己而言都非常难。

“很多项目我连题目都看不懂，比如‘湍流中的什么什么分析’，湍流就够吓人的了，还什么分析。我就很畏难。”

面对真正的科研问题有畏难情绪，应该是大多数本科生们的正常状态。哪怕能自如地应对钱班高挑战度的课程，张泽还是会下意识地逃避科研。大三的时候，她选择的第一个SRT是做音乐机器人，“这和大多数科研训练不

太一样，更像是工科实践。但是很容易有成就感，因为上手简单”。不过在钱班，即便是刚成立的第一届，科研训练都是“躲”不掉的。自2009年创办以来，钱班就有了必修的海外研修项目，也就是后来进阶式科研训练体系中的SURF环节（Senior Undergraduate Research Fellowship，高年级学生研究员计划）。谈到海外研修，2014年的张泽和2022年的张泽一样的激动，前者是怕虎的牛犊终于还是闯了森林的豪情：“既然免不了，那就好好试试”；后者则是清楚地知道，“因为这段经历，对科研的态度和人生方向的选择都彻底改变了”。

### 发现：激情和过程

海外研修前，张泽面前有两个选择：去加州大学伯克利分校做机器人或者去加州大学圣迭戈分校做传热。从本科生的角度来说，学校的排名已经足够作为选择的主要考虑因素。但是作为钱班人，张泽觉得自己要多试试。如果去Berkeley就只是对SRT的延续，既然钱班鼓励学生走出去、多尝试，那就不能白白浪费这个机会，她鼓起勇气准备接受本科以来第一个真正的挑战。

“UCSD是我的新生导师任建勋老师介绍的，我有一点忐忑也有一些向往。郑老师希望我们每

个人都找到自己热爱的方向，所以我想是不是趁着这次机会，可以换个不一样的方向再找找看。”

张泽在UCSD的导师是Renkun Chen，尽管是华人，但从见面到海外研修结束，他一直用英语跟张泽交流，维持了一个彻底的跨文化环境。不仅如此，他对张泽的指导也很耐心。不过，真正让双方都被激发、充满研究热情，则是期间张泽和导师共同提出的一个问题：是否存在热的超导体？海外研修期间，陈老师分享给她很多论文，其中一篇仿真论文的结果在张泽看来很奇怪，一根碳纳米管莫名其妙地振动起来了，她觉得无法解释这个现象，陈老师也不能。这个问题一直萦绕在张泽心里，直到她跟同学闲聊的时候，突然想到是不是可以用声子的爱因斯坦凝聚（BEC）来解释。带着这个疑问来找陈老师之后，张泽感觉到这位导师也被激发了。

“有两个例子，一个是以前我也经常在组会分享一些大胆的想法，但都没有深究下去，而且都是我去找他问问题，而在我讲了声子BEC的想法之后，很意外地，组会之后他来了我的办公室找我继续讨论；另一个是他找了几篇相关的论文，周五跟我说周一有时间一起讨论下，在此之前他从来没有给过我任何做事的

期限。”

在这个过程中，张泽一直很主动。周一还没等老师找来，她已经去敲门汇报了。随后她发现，陈老师对这个问题真的很上心。随着研究的开展，她也逐渐了解到，陈老师在大约十年前思考过一个声子局域化的问题，类似于热的完美绝缘体，和热超导正好是两个极端情况，却又有类似的物理背景。在和导师一起调研和试图回答热超导这个问题的过程中，张泽也得以观察到，一个成熟的科学家如何读论文、如何思考问题。

“我发现陈老师周末也读完了那些论文，而且比我理解得更透彻，这让我很激动。在这之前我还不太会读论文，都是从第一句话读到最后一句，是陈老师让我知道了，可以先看图，再看前言跟结论，然后边读边猜、快速获取信息。”

只要探究的激情在，那么过程本身就是奖励。虽然科研之路不会因为不畏难了就自动变简单，但是张泽在这个过程中收获了看不见的勋章。一方面，她猛然意识到 BEC 的基本理论在钱班的课上，陈民老师提到过，只是自己当时没有真正理解，所以激励着她又把那些内容重新学了一遍。另一方面，她发现很多自以为很简单的问题，其实根本没有想清



张泽（左）毕业时与博士导师 Arun 合影

楚，科研的过程就像“剥洋葱”，很刺激也很新奇。

“比如说什么是温度，温度计测量的就是温度吗？那温度计是什么原理，测量的值准不准呢？如果从物理上来定义，温度代表原子振动的能量，那需要多少个原子？一个原子能不能定义温度？还是说需要一万个？一个原子有没有温度？很多问题都可以这样无穷无尽地挖下去，看似简单的概念背后的思想并不简单。在这种像‘剥洋葱’一样的理解加深的过程中，常常会经历几周的低谷、一刹那的兴奋，紧接着又是几周的低谷，而后一刹那的兴奋。而就是那一刹那的兴奋，可以弥补之前所有的低谷、辛苦。”

探究这一问题的过程对陈老师而言是唤醒“多年前”的疑问，对张泽来说则是面向“未来的”疑问，她的求知欲被点燃了。“因为这个问题，我想读博士，我想

做科研。”回国后，她自学了很多研究生课程，心心念念想把研究继续做下去。只是确实太难了些，而且在研究过程中一直发现新的问题，走向新的方向，慢慢地跟最开始的方向几乎没什么联系了。好在，在这个过程的边缘，问题的中间，还有他人的意外之喜。当时在 UCSD 访学的一位老师跟张泽交流后，也被深深吸引，并一直深耕于此。

“大概是五六年后，陈老师转给我一篇论文，是那位老师课题组的研究。那位老师还发了朋友圈，说当时跟清华的一个本科生探讨这个问题，现在终于有了一些回答。我很触动，也很感动。这就是科学和科研的魅力吧。”

## 觉悟：出离和回归

在海外研修接近尾声的时候，张泽也在申请读博。2015年，她以全额奖学金被录取到斯坦福



张泽（前排左二）博士期间参加学术会议

大学机械工程专业，师从 Arun Majumdar。在写这篇稿子的同时，记者刚好在读《乔布斯传》，其中一章是“The drop out: turn on, tune in”。想到张泽博资考失利、去创业公司实习，甚至一度想要放弃博士学位，或许这是个长期相似的主题。

“Modern Electron 是一家能源领域的初创企业，致力于研发小型高效的热离子发电装置。我短暂逃离了斯坦福，看看自己能干什么。加入的时候公司只有十几个人，大多是北美各高校的博士毕业生。现在已经有超过五十人的规模，获得了包括比尔·盖茨在内的多项天使投资。”

当问及有没有考虑过留在这个创业公司的时候，张泽很坦诚，直言那时已经做好了决定，只是最后跟 Arun 告别的时候动摇了，又回到了学校。

“我前面已经跟父母、同学、朋友、实习公司的老板和同事都聊过了，我打算随后就跟 Arun 说我不想读了。那天我是计划给

他打电话的，但是他坚持视频，他看着我，问我为什么。我跟他讲，前面做得挺不顺利的，也觉得不太开心，那个方向我也不喜欢，你也不在乎，为什么要做呢？在这里实习还挺开心的。他就跟我说，我没有领会到科研的真谛。科研并不是一个要让导师喜欢或者讨好谁的事情，而是你自己想要做的事情。开不开心可能不是那么重要，重要的是有没有满足感和意义感。科研或许不能让你开心，但是能让你感觉到满足、有意义。”

在这次跟导师的交流里，Arun 坦陈因为个人原因未能在实验室花足够的时间和精力，也为没有顾及到她而抱歉，同时表明会支持此后张泽选择的研究方向。张泽说，聊到最后，彼此沉默的互相看着，直到 Arun 的太太喊他回家吃饭，张泽感受到了 Arun 的真心。

回到学校后，在近半年的时间里，Arun 每周六早上和张泽一起寻找和探讨博士选题。从之前心心念念的声子 BEC 和局域化问

题，一步步走向微观材料的操控和观测，最后把研究确定在将光谱技术和电子显微技术结合起来的可行性，发展纳米尺度下的光谱学信息成像方法。这一方法结合了光子和电子这两种表征手段的优点，可以同时获取光谱中高能分辨率包含的材料组分电子能级等信息，和电子显微学中的纳米级分辨率包含的空间分布信息，可能在表征材料局部缺陷态、光催化机理研究等领域有所应用。

事实上，这是一个无比大胆的尝试，张泽本人对这个研究方向的决定形容为“愿赌服输”。博士答辩的时候，Arun 自豪地介绍张泽的创新研究，因为他本人在这一领域并无研究背景，组里也没有博士后或其他人可以予以张泽相应的指导，Arun 称赞她：

“集勇气、独立的思想、坚持和专注力于一身，能够广泛地寻找各种人沟通、获取需要的资源、完成困难的研究，并且保持对新想法的开放心态，具备激励其他学生并慷慨地指导他们的能力（a combination of courage,

intellectual independence, persistence, resourcefulness, singular focus, openness to new ideas, the ability to inspire other students and generosity to mentor them) ”。

不知那个在本科前三年面对科学研究有畏难情绪的小姑娘，独自一人在异国他乡，面对全新的研究课题，要拥有怎样的勇敢和坚韧。不过张泽描述起那些科研攻关过程中的生活，倒没有失去颜色。

“其实一直到博士第五年、第六年都没有论文，我也是慢慢让自己的心态放松。开始跟朋友出去骑车、爬山，到没有信号的地方徒步几天，一起看星星，一起吐槽。在疫情期间还在宿舍阳台上用3D打印机打印了一个鸟窝，装了摄像头，近距离观察了一对小鸟筑巢并生育五个宝宝的过程。”

在交流中张泽跟记者分享，她并不是到了斯坦福才有这份“愿赌服输”的勇气。而是从在钱班读本科开始到今天的11年间，一直这样鼓励自己。她希望自己可以大胆地尝试，哪怕需要承担必须的风险。

“我觉得‘愿赌服输’在某种意义上，是个很积极的词。自己选择的路，就踏踏实实地走下去，不后悔也不抱怨。其实一路



张泽暑假实习期间在公司看日蚀

走来，回头看，才知道在这个过程中，路边的风景已经是满满的回报，又哪来的‘输’呢。”

想到 Arun 对科研意义的理解，和张泽一路上“愿赌服输”的探索，不由地询问她，她眼中的钱班，是不是一个专门孕育科学家的地方。张泽回复道：“钱班想培养的应该是思想上真正独立的人。”的确，独立面对、独立思考、独立决定、独立求索。钱班或许并不是万能中转站，而是思想独立者的领地。钱班从只有一个海外研修项目，到今天发展出一整套进阶式科研训练体系和课程体系，其背后的逻辑并不仅仅是让学生收获一些基本的科研技能、扎实的基础知识或者找一个理想的方向；而是相信学生在大学期间可以逐渐具备独立思考的能力。这一体系鼓励学生大胆尝试、理性判断，期望学生从中有所体验并受益终生。

纽曼在《大学的理念》中这样写道：

“大学不是诗人或不朽作家、学校创始人、殖民地领袖、国家征服者的诞生地。它并不承诺能够培养出新一代的亚里士多德、牛顿、拿破仑、华盛顿、拉斐尔、莎士比亚，尽管过去它一直隐含着这样一些自然的奇迹。大学教育是一个通向伟大而平凡之目标的伟大而平凡之手段。”

在“基础学科拔尖学生培养试验计划”的背景下，钱班在不断创新人才培养的路径，同时也在努力探寻着大学教育古老的初心。沿着一条笔直明确的路线前进，或许是抵达目的地的最快方式，但也可能少了诗和远方。在快节奏的当下，钱班尝试让教育的内核慢下来，学生可以试错，可以徘徊，可以思考，终将独立又坚定地抵达。🍷